雙　月　刊

# 核能簡訊

# NUCLEAR NEWSLETTER

NO. 135
2012 APRIL



專題報導

## 福島事故周年特別報導

# 核能簡訊 NUCLEAR NEWSLETTER

NO.135 雙月刊

April 中華民國一〇一年4月號


封面圖片：日本櫻花

## 專題報導

【福島事故周年特別報導】



## 讀者論壇



## 核能脈動



## 核能新聞




出版單位：財團法人核能資訊中心
地　　址：新竹市光復路二段一〇一號研發大樓208室
電　　話：（03）571-1808
傳　　真：（03）572-5461
網　　址：http://www.nicenter.org.tw
E-mail：nicenter@nicenter.org.tw
發 行 人：朱鐵吉
編輯委員：李四海、李清山、汪曉康、徐懷瓊、陳條宗、劉仁賢、謝牧謙、簡福添（依筆畫順序）
主　　編：朱鐵吉
顧　　問：喻冀平
文　　編：鍾玉娟、翁明琪、陳婉玉
執　　編：羅德禎
設計排版：長榮國際　文化事業本部
地　　址：台北市民生東路二段166號6樓
電　　話：02-2500-1175
製版印刷：長榮國際股份有限公司　印刷廠



行政院原子能委員會敬贈　廣告
台灣電力公司核能後端營運處敬贈　廣告


## 編者的話

2011年3月11日，日本福島核電廠發生核子事故，日本政府因此逐漸關閉了51座核子反應爐。但目前IAEA的報告指出：「現今全球核能安全優於1年前…」。福島事件給了全球的核能使用國當頭棒喝，讓各國沉浸在核能最安全設計的自豪時，被敲醒似的重新檢視核能的安全。

福島核災後，我國立即針對現有核電廠進行核安總體檢，體檢報告完成後也將持續進行追蹤。此外，台電已率先全球建立「機組斷然處置」措施，在必要時，確保輻射物質不會外洩而影響民眾健康。

311日本強震周年，全球各地都進行著反核活動；我國環保團體也上街舉行「歸零：重新思考零核電」告別核電大遊行。但台電提出數據指出，去年實績備用容量率為20.6%，扣除既有3座核電廠，備用容量率即降為6%，僅可因應電力即時調度，無法因應機組故障及定期大修，發生停限電機率極高。台灣又是缺乏自產能源的海島型國家，99%以上能源必須仰賴進口，電網也無法與鄰近國家旁通互援。

先不論核能是否即刻必須關閉走入歷史，它仍是段不可抹滅的過程。在經濟起飛、電力需求暴增的年代，核能發電提供工業發展所需的電力缺口；在油價上漲、能源缺乏、溫室氣體影響天候變化時，它是眾多發電方式裡的平衡力量；若再生能源發展成熟，能穩定供應電力、不誇張拉抬電價，大家都會樂於接受以其替代核能。但前項條件成熟前，在物價飛漲、通貨膨脹的同時，民眾能承受同時關閉所有核電廠所引發的高電價衝擊嗎？

根據美國能源資訊管理局公布資料顯示，夏威夷州2010年平均零售電價每度25.1美分（約新台幣7.46元），主要原因來自燃油發電；而台電公布的2010年台灣家庭用電平均售價每度2.76元，相較之下，台灣的電價實在便宜許多。在再生能源技術未臻成熟，尚無法穩定供電的同時，關閉核電廠所引發的高電價是民眾可接受的嗎？

# 重新建構核能安全

文・石川迪夫　譯・石門環

今(2012)年2月6-10日日本原子力產業協會國際合作中心(JAIF International Cooperation Center,JICC)一行7人來台舉行福島事故說明會,其中石川迪夫先生的演講主題為「重新建構核能安全」,內容精闢、發人深省,獲得廣大迴響。實際上石川先生相同主題的論述曾刊載於2011年10月的「電氣協會報」,其內容更為豐富,在核能安全上更有其獨到的見解,在徵求石川先生的同意後,特翻譯此文,希望能將他對核能安全的真知卓見昭告周知。

石川先生1956年從東京大學工學部機械工學科畢業後,翌年進入日本原子力研究所,1991年起擔任北海道大學工學部教授,2003-2005年擔任日本原子力技術協會(JANTI)理事長,現為該協會最高顧問。譯者曾於2001年我國核三廠全黑事故後不久陪同石川先生訪問該廠,2009年6月石川先生再度來台,於原子能委員會發表「核能安全思想之變遷」,後來譯者也陪同石川先生訪問龍門核電廠。石川先生著有「原子爐解體」、「原子爐之暴走」、「核能之眼」等書籍,可說是日本核能界大師。

以下為石川先生「重新建構核能安全」的中譯。

日本輿論界因媒體的渲染,可說盡是脫離核能與反對核能的唱和之聲,掀起另一股波濤洶湧的海嘯。在此漩渦之中,對電氣協會編輯部就「安全之再建構」的遊說邀稿我只能冷笑以對。但時至今日,事故狀況已經回復穩定,事實上國際間的看法也開始產生變化。

3月21日英國衛報(Guardian)曾報導:「雖然遭受數萬人死亡的自然災害,但沒有人因輻射劑量而死亡,我支持核能。」這是事故發生後不久,在一陣錯愕之後,由歐美開始領導冷靜輿論的報導,從歷史上看來,英國是個理性的國家。

一百多年前,甲午戰爭初日,浪速號巡洋艦將運送清兵的英國商船擊沉,大英帝國的輿論群情激憤,日本明治政府則驚恐不已,但倫敦時報(London Times)依據國際法發表社論:「錯在運送交戰國軍隊的商船,日本沒有錯。」讓英國的輿論沉靜下來,這與後來的英日同盟有所關聯,日本媒體就沒有這種理性與冷靜。

挑戰者號太空梭爆炸事故後,雷根總統在電視上說:「發生悲慘的事件。但是,他們懷抱著宇宙開發的希望而踏上旅程,我們也要繼承他們的志業。」仍然鼓勵宇宙開發。美國三哩島核電廠發生事故時,當事者美國並

沒有停止其他核電廠的運轉，反而是日本政府狼狽不堪，將壓水式核電廠暫停運轉。此次地震海嘯之後，核電廠一旦停機，就無法再啟動運轉，這就是一個國家對科技發展的理解與態度上本質性的差異。

能源問題可說是太平洋戰爭爆發的直接原因。核能開發是戰敗國日本唯一可以使力的能源百年大計，是歷經 50 年培育而成的國家技術。這種先人的心願與努力因一件事故就完全偏離正軌，政府也忘記這是非常時期，只專注於污染對策，而放棄國防、經濟、外交等國家的基本要務，結果只會造成國力衰退，遭受各國的屈辱。

在重新建構核能安全之前，日本重新建構國家理念與國民意識實為當務之急。

## 事故元兇為自然現象與社會常識

如果坦誠來看事故演變，自然就會知道原因與教訓。3 月 11 日，超出設計上想定的芮氏規模 9 強烈地震來襲，電廠外部電源全部喪失，東北地方太平洋側全域停電，福島第一核電廠也緊急停機，並切換至緊急電源提供冷卻，完全如設計方式順利朝向安全停機。

然後大海嘯來襲，緊急電源與廠內配電設備被水淹沒，電廠設備幾乎完全不能使用，但是不需仰賴電力的安全設備得以存活，爐心所釋出的衰變熱產生蒸汽，利用蒸汽驅動泵浦，得以使反應爐持續冷卻。

2 號機與 3 號機各約 3 日、1.5 日得以維持爐心冷卻，各部機組爆炸時間不同就是安全設備動作的證據，而且效果超出預期，但是所仰賴的電源卻是在 10 天以後才恢復，為何需要如此長的時間，當然是需要驗證與檢討的課題。

安全設備的設計以 8 小時內恢復電源為前提，或許是衰變熱衰減，或許是控制電源耗盡，安全設備在盡其全力後，爐心熔融並發生氫爆。沒有補給而導致毀滅乃人世之常，二次世界大戰時，阿茲、塞班、硫磺島等島嶼守衛隊因無補給而紛紛潰敗；此次福島事故也是一樣，如果電源能如預期般恢復，則除了還有爭論的 1 號機以外，2、3 號機應不至於演變成事故，所以安全設計上並沒有錯誤。

如果再補充說明的話，全世界現行的安全設計指引大致採用共同的規則，日本與美國對電源恢復時間的想定是相同的，日本也有修訂安全指引的議論。但從三哩島、車諾比爾的檢討經過看來，國際原子能總署（IAEA）的安全設計指引並無太大的變更。鑑於此次事故是自然災害所造成的，世界上的議論應集中在後述的防災安全上。

彙整以上所述，事故原因可說是超出設計基準的海嘯，導致災害的原因則是電源恢復太慢，元兇是自然現象與社會的普遍想法，這些都潛伏在我們的經驗與常識的深處。

## 整備防災安全

在安全設計上對海嘯等自然現象的考

處是參照過去的紀錄，安全設計指引要求需能承受其力量及影響；針對地震則另外依安全的重要程度加以分類，並進行強度設計及地震動解析，此次震災就是因為追加這種工程學上的考慮而奏功。

事實上，中越沖、東日本兩次震災都遭受到超出想定的地震動，核電廠都能承受，並未挫敗，這是因為在耐震設計上將較脆弱之處補強，作成具有餘裕的結構，針對自然災害，以工程學強化的方式建造強韌的核電廠才是解決之道。

大約 40 年前在安全審查會議上曾聽到發言表示，像太平洋那樣開闊的海岸，考慮海嘯來襲所造成的漲潮，據判斷不會超過 6 公尺高，現在看來當然是明顯的錯誤，但在當時卻是地球物理學者們權威性的最佳判斷。

這個不完備的判斷其實曾經有機會加以修正，近年來開始的海嘯考古學證實西元 896 年發生在東北地方的貞觀海嘯高約 9 公尺，此訊息曾在 2009 年傳達到原子力安全保安院，雖然曾經有所議論，但沒有採取因應對策而被擱置，所以也有人說這樣的怠慢就是人禍。

如果仔細思考，地球上發生的巨大自然災害差不多千年一次，可說是極為稀少。自然災害的數據並不像我們工程學者平常所處理的數據那樣多而普遍，可靠度相對較低，將這種罕見而不可靠的數據作為安全基礎的設計條件正是錯誤的開始。

修正這種錯誤當然不能根據「海嘯不會超過 6 公尺」這種權威的判斷，只能和耐震設計一樣，對自然現象進行全面性的研究，從工程學上思考，然後大刀闊斧補強弱點。在此順便一提，例如要求浜岡核電廠興建防潮堤等不過是重覆錯誤，既無道理又無益處。

但是，自然災害的對策並不因此而結束，我們必須考慮還是會有「超出想定」的災害，藉由壓力測試等思考模式預作防災安全的準備。鑑於災害的發生頻率及危害程度難以預測，防災安全並不需要增設永久性設備，反而是藉由人手即可因應的簡易設備、可搬運的共用儲備器具，再加上訓練即可。

福島事故的安定始於緊急設置臨時電源就是最好的例子，防災安全要考慮地域災害的特殊性，不能全國性千篇一律，而且要依據狀況的不同，全世界共同準備，希望能在國際合作的基礎下，思索出基本構想。

## 緊急電源的多樣性相當重要

安全設計上無法考慮外部電源的喪失持續無限大的時間，這和沒有水的地方魚就無法生存的道理相同；沒有電力供應，核電廠就無法存在，核能安全是奠基於現代社會的技術。日本具有多個迴路的高壓輸電線，以往停電幾乎都在 1 秒鐘內，而且具有短時間恢復電力的實績，安全設計是以現代技術為基礎，這種思考模式全世界都一樣。

這種可以說是社會常識的實績經驗此

次卻崩潰，停電停了10天，雖然可以說是海嘯災害的反常現象，但最基本的恢復電源時間應該如何思考呢？有人主張修正現行允許短時間喪失電源的安全指引。

看起來似乎是棘手的問題，解答卻是意外地簡單，就是適當配備多種類的緊急電源，補充必要的電力來防備所有的災害，除此之外別無他法。

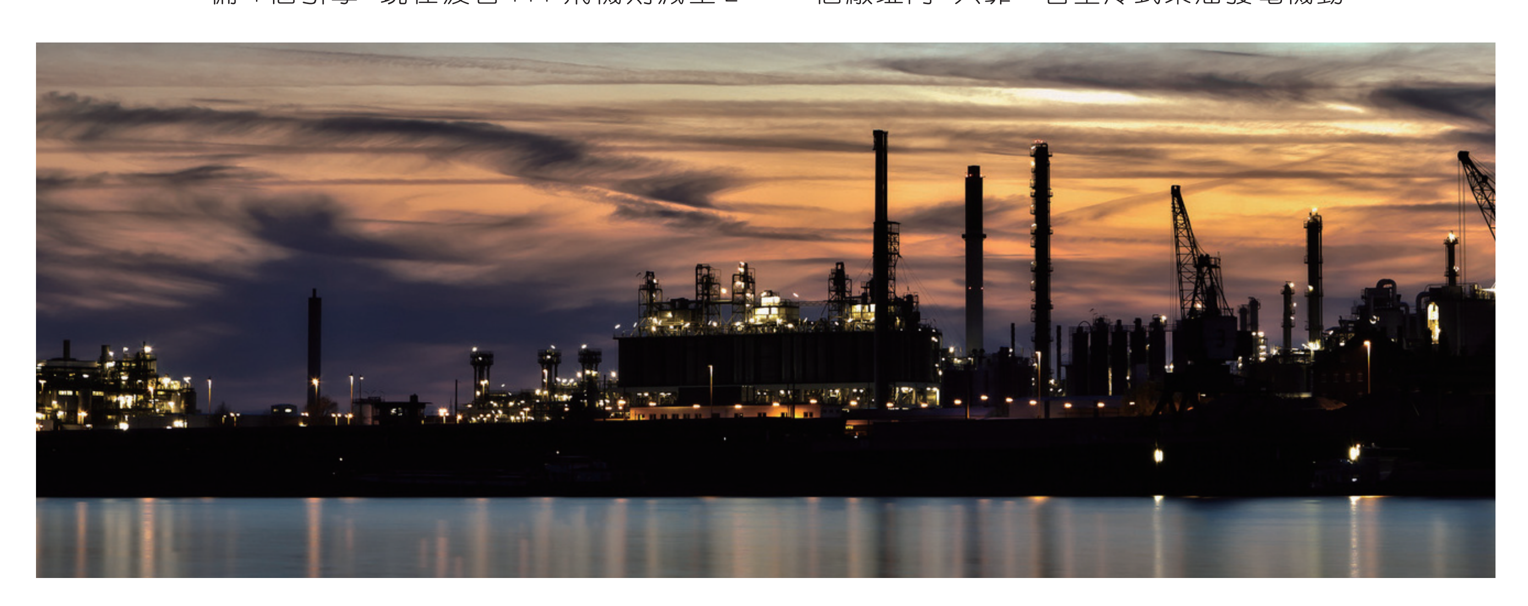
安全設計指引要求緊急電源必須具備多重性與多樣性，但在福島電廠興建的70年代，除了水冷式柴油發電機以外，並沒有高可靠性的緊急發電機，以致當時無法實現多樣性。

但是，技術日新月異，現今已開發出空冷式柴油機、汽渦輪機等各種發電機，可靠性也相當高。60年代開發的巨無霸飛機配備4個引擎，現在波音777飛機則減至2個引擎。實現電源的多樣性其實也曾經有過兩次機會。

第一次是美國核能管制委員會（NRC）因應911的防恐政策，命令全國核電廠必須具備緊急電源的多樣性，這是2002年左右的事。韓國、台灣等各國在接到此訊息後，也據以改善，唯獨我們日本似乎把防恐當作極機密問題而進行內部處理，我們一般人民無法得知詳情。

另一個機會就是前述貞觀海嘯的檢討，據說原子力安全基盤機構（JNES）曾經分析，海嘯來襲時喪失全部交流電源，並計算出結果會導致爐心熔融。可惜錯失兩次良機，如果能及時採行因應措施，應可防止福島事故的發生。

實際上福島核電廠5、6號機都在同一個廠址內，只靠一台空冷式柴油發電機動



作，就能倖免於難。美國阿拉巴馬州的Browns Ferry核電廠也在2011年4月因龍捲風而陷入喪失外部電源4天的狀態，但先前因應防恐對策而強化的緊急電源發揮功能，也因此安穩無事。

其實也應該談一下氫爆及事故的因應，但因篇幅有限，只能割愛。

## 具備對安全的洞察力

綜合而言，近年來核能界對安全掉以輕心，最諷刺的是這種風潮從原子力安全保安院成立以後更加顯著。由於過度重視品質保證的行政方式，電廠員工窮於應付繁忙的文書作業而無法到現場，這種狀態持續的結果，現場的安全意識也愈加淡薄。

正如同品質保證不等於安全一樣，偏頗的信仰也在霞關（註：日本政府機關所在地）誕生，由於獨善式的管制跋扈，以致發生事故時，對爐心狀態等核能安全核心本質具有洞察力的技術人員，在官方與民間都愈來愈少。電力公司與政府甚至在事故2個月後都無法掌握爐心熔融的狀況，想起事故後的錯誤報導及胡言亂語的解說，就可知道危害之大。

原子力安全保安院發布，中國電力公司島根核電廠「雖和安全無關，但有500餘件不符合品質保證」，迫使電廠停機，像這種濫用職權的異常管制行政，也可說是這次事故的遠因及禍端。

在放射線環境下細心作業才是核能技術的精髓，但現今一些沒有現場經驗、一切以電腦結果為是的紙上作業技術者，在官方與民間掌握權勢。學術界更是不敢恭維，這是事故的遠因禍源，這種弊端如果不加以糾正，日本的核能就如同江戶川柳（譯註：江戶時代以5、7、5共3句17音所寫的短詩，表達庶民生活中幽默及諷刺的面貌）所說的「貪於遊樂、傾家蕩產」的敗家子。

## 日本必須履行責任與義務

最後，有一提案或可打破僵局，也就是在除役工程開始前的一段時間，將福島核電廠作為國際性高放射線研究的場所，將此地區規劃成輻射的特別區域，在不影響外界的範圍之內進行森羅萬象的自由研究，或許也有其限度，但基本上應對世界上所有研究人員開放。

研究者住在現場，體會事故災害的實際狀況，並以自己國家的語言向各國傳達訊息，這樣不只可以緩和世界各國對資訊不足的批判，也可以傳達必要的災害訊息，同時在心理層面上也能恢復日本的信用。對於與美、法一起領導世界核能的日本而言，這就是因應世界要求的盡責之道。

當然，這對緩和或降低核子災害、增進輻射防護的理解，對放射線環境下的作業訓練均是有益的場所，高放射線研究所的構想對於那些紙上作業技術者的教育訓練應該也有助益吧。

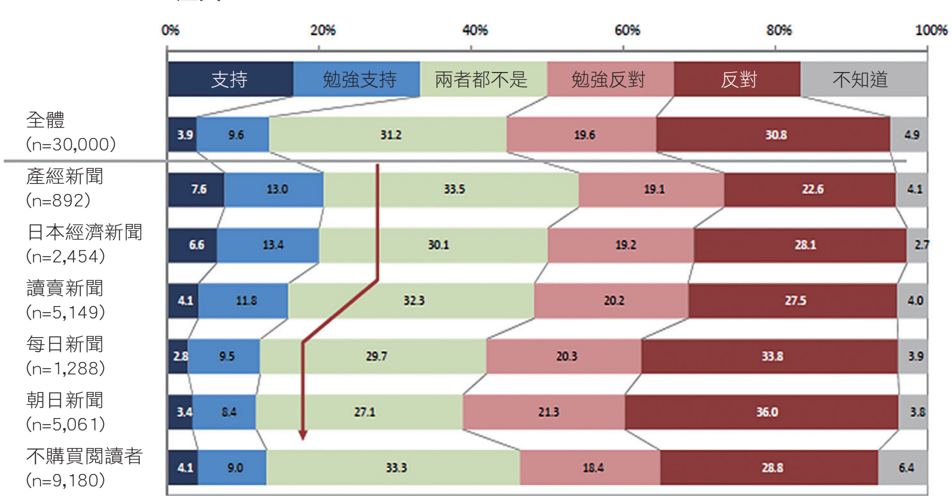
# 民眾對核能支持度的轉變

文・編輯室

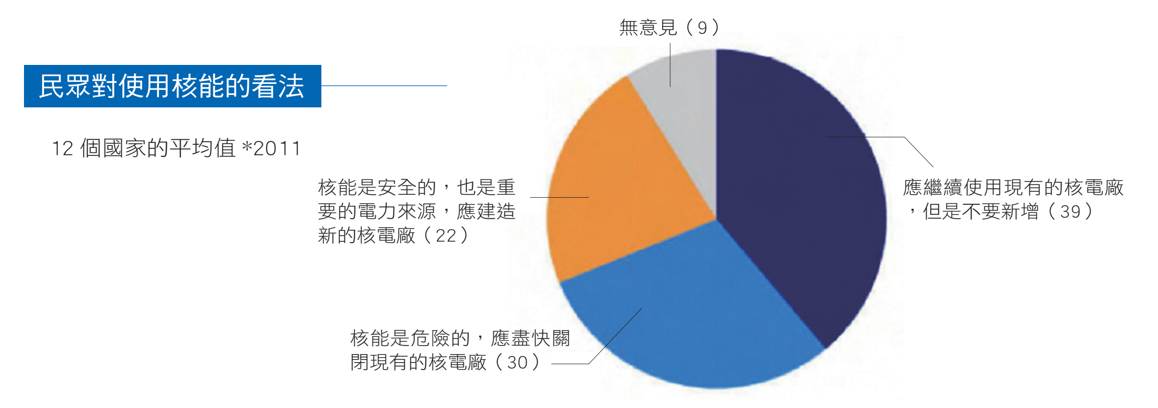
JICC 訪問團的向山武彥先生報告福島事故對社會的影響，包括民調、政府核能政策的改變。

## 民意是現實的

日本民眾對於「推動核能發電」支持程度，依購買閱讀的新聞類別而有所差異

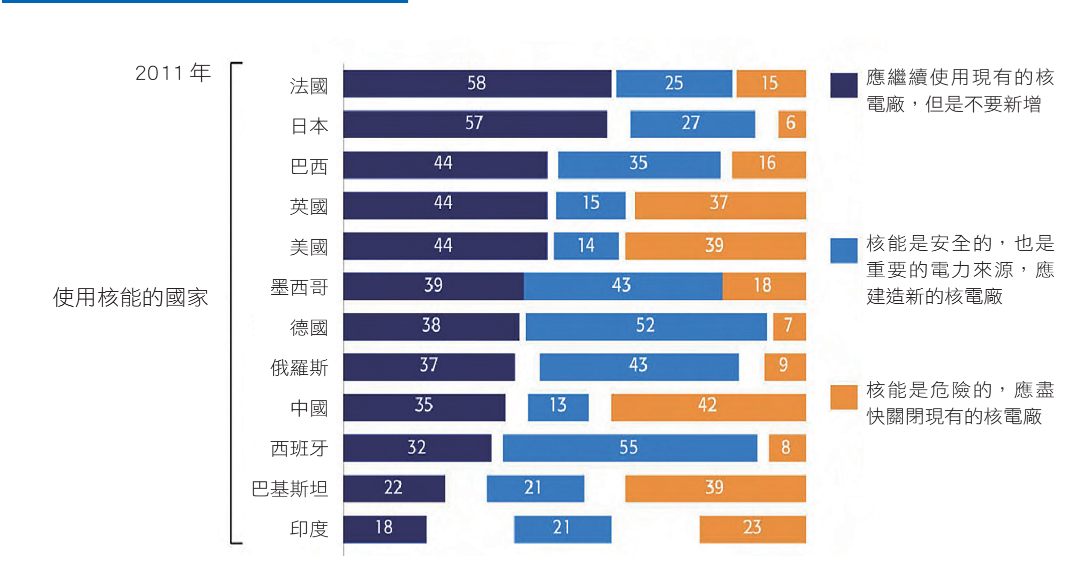



## 民眾對使用核能的看法

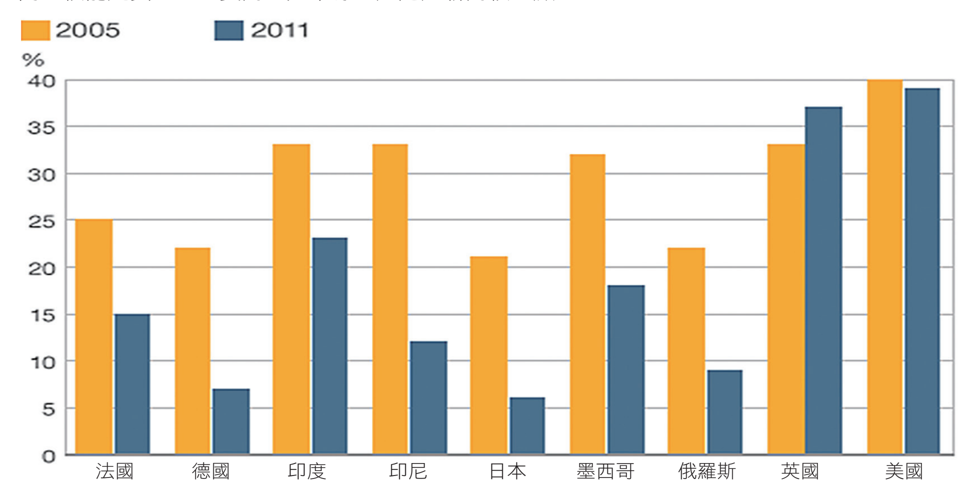



＊包括巴西、中國、法國、德國、印度、日本、墨西哥、巴基斯坦、俄羅斯、西班牙、英國與美國的核電廠所進行的調查

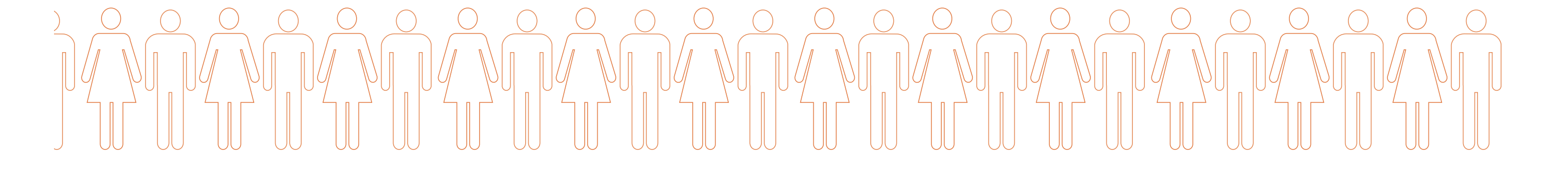
## 世界各國民眾對使用核能的看法




## 對核能支持度的轉變

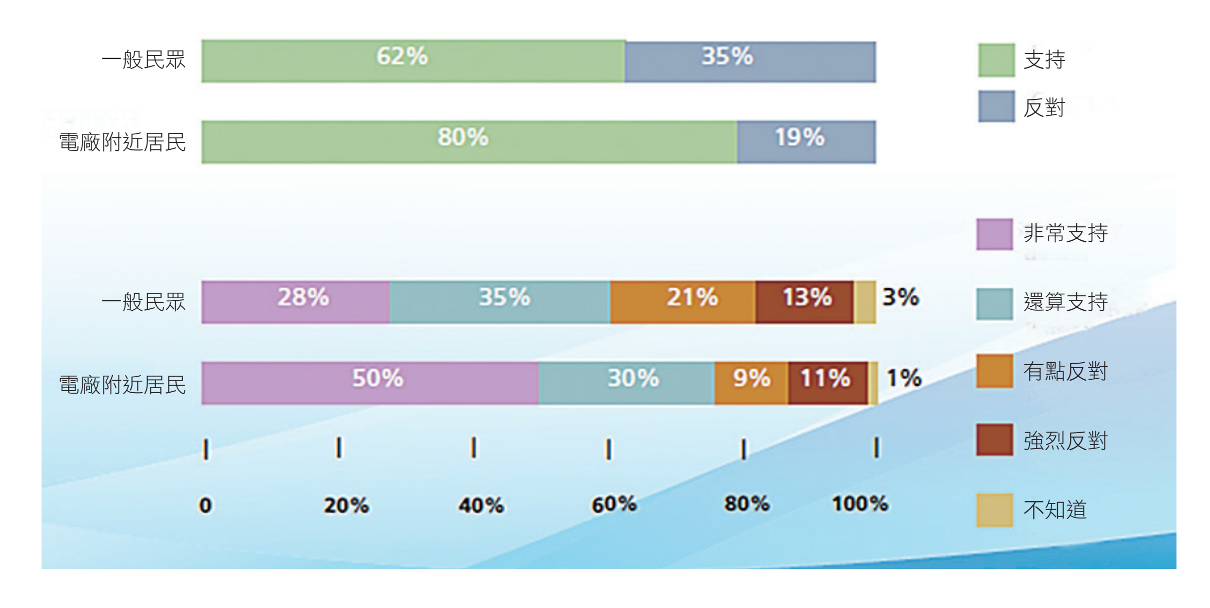



來源：BBC World Service/GlogeScan



## 對核能的態度






## 日本的核能到底出了甚麼問題？

1. 日本東海岸地震及海嘯影響福島、女川、東海 3 個電廠，為什麼只有位於太平洋北岸的福島 1-4 號機組出事？因為日本沒有學到電廠全黑的教訓，例如：台灣核三廠 318 事件、美國的 NRC B.5.b。

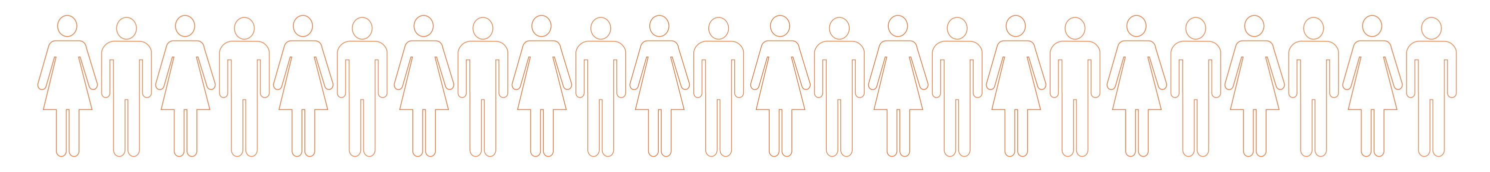
2. 為什麼日本跳機次數很少而容量因數卻不高？因為日本燃料週期 13 個月、大修工期長，原子力安全保安院的核能監管只見樹不見林。

3. 風險溝通不足，大眾對輻射的常識不足，對輻射有非理性的懼怕。建議應該讓全民知道輻射對人體的影響。

4. 在 311 之前有 60-65% 日本民眾支持核能，福島事故後 70% 以上反對核能，甚至希望將來廢核。所幸日本的核能政策不是以民調作為基礎。

5. 日本政府的核能政策：將會下修 2030 年核能占比 53% 的預估值；繼續支持核能技術出口，但會加強其安全；在國際原子能總署審查了各廠的壓力測試結果後，原子力安全保安院在國際原子能總署的背書下同意核能機組再起動。福島事故後現在只剩下一個機組在運轉中（泊電廠）。

最後向山先生感謝台灣在這次福島事故中對日本的支持。



# 不讓福島事故在台灣發生

文‧編輯室

## Q1 福島事故是怎麼發生的？

地震發生初期，電廠的外電供應因電塔倒塌而喪失，但反應爐保護系統，自動安全跳脫。

隨後而來的大海嘯因超出原設計的安全高度，淹沒緊急海水泵、廠區內緊急柴油發電機等救援設備，造成反應爐冷卻系統失效，爐內的餘熱帶不出去，熱量的聚集將反應爐內的水變成蒸汽，爐內氣壓變大，造成反應爐安全威脅。

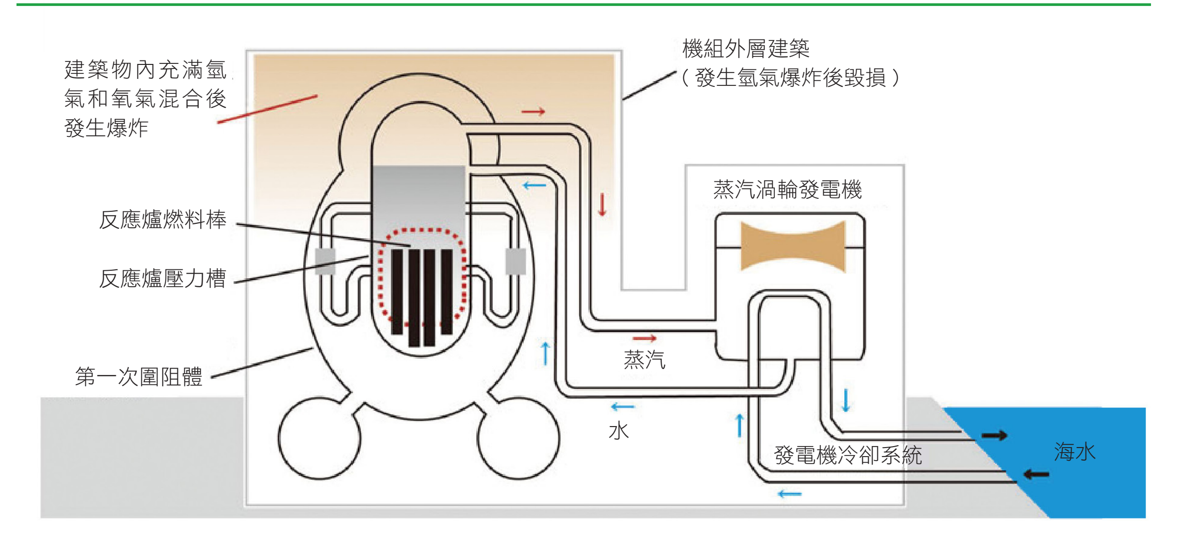
為了降低爐內壓力，電廠選擇將蒸汽排出反應爐，但爐內的高溫使得水蒸汽與（燃料棒護套）鋯合金反應，產生氫氣，與廠房內的氧氣混合發生爆炸、放射性物質外釋。

## Q2 日本福島的傷亡情形？

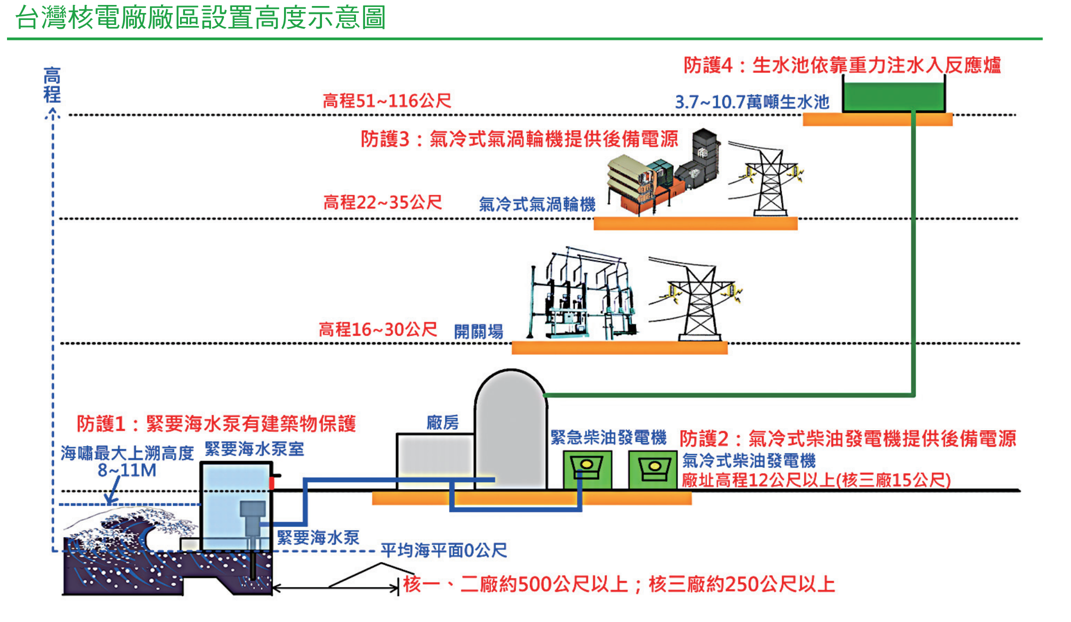
根據日本公布的資料，並未有救災人員因輻射造成傷亡的情事發生。所有參與福島第一核電廠救災的 3,600 人中僅有 8 人達到 250 毫西弗緊急工作曝露限值，不得再入廠並獲妥善照顧；但相對地，因大地震造成死亡及失蹤人數則高達 2 萬餘人。

這次 20 公里範圍內共疏散的 8 萬民眾，經檢測後僅有 100 多人遭受輕微汙染，在除污後已無輻射汙染問題。

日本福島第一核電廠 1 號機結構示意圖



台灣核電廠廠區設置高度示意圖




## Q3 國內核電廠設計，有沒有防範海嘯的措施？

國內3座運轉中、1座興建中的核電廠，在設計建造的過程，就已經納入耐海嘯的防護能力：

第 1 層：廠房所在大於海嘯上溯高度
第 2 層：緊急海水泵有建築物保護
第 3 層：氣冷式柴油發電機提供緊急後備電源
第 4 層：氣冷式氣渦輪機提供後備電源
第 5 層：生水池依靠重力注水入反應爐

## Q4 如果發生類似福島事故，台灣掌控得住嗎？

可以！我們的核電廠會比福島電廠安全。

國內核電廠原來就比日本福島電廠多了緊急電源和水源的安全設施，在預防地震方面，「廠房」結構的耐震度都符合安全設計基準，並要求台電公司調查核一、二廠間山腳斷層的海域長度，並依照新的地震分析結果，強化耐震能力。在預防海嘯方面，多數廠房的高度（12-15 公尺）都比海嘯上溯的高度高，不致受到海嘯侵襲。

在日本發生核災之後，我們馬上體檢國內核電廠的安全，強化抗地震、防洪汛、耐海嘯的能力，裝設更多的設施來強化安全和應變系統，把電廠喪失電源的狀況降至最低，而且要求電廠制定「斷然處置」措施，以維護民眾安全和環境為最優先。

（註：「斷然處置」指在最短時間內，把有限資源用在「反應爐注水」、「反應爐

| 日本福島 VS. 台灣核電廠安全設施評比 | | |
|---|---|---|
| | 日本 | 台灣 |
| 防海嘯設計水位高度 | 5.7 公尺 | 12~15 公尺 |
| 緊急海水泵（爐心冷卻） | 裸露 | 鋼筋混凝土建築保護 |
| 緊急柴油發電機 | 在地下（易被淹沒） | 在地面層 |
| 氣冷式緊急柴油發電機<br>氣冷式氣渦輪發電機（後備電源） | 無 | 配備 2 部，且高於海平面 22 公尺以上 |
| 生水池（重力注水入反應爐） | 無 | 設立 3.7~10.7 萬噸 |

洩壓」和「準備圍阻體排氣」3 件事上，確保反應爐和用過燃料池都受水淹蓋，避免放射性物質外洩，以及大規模的民眾疏散。）

## Q5 發生嚴重核子災害，政府如何救災？

政府各部會基於專業分工、相互合作的原則，已有一套跨部會應變作業的完整計畫。必要時，可即時啟動核子事故緊急應變機制，建構完整的輻射監測及安全防護網，確保國人生命財產安全。

## Q6 這次總體檢的內容，和國際各國的比較？

我國這次總體檢的安全項目與國際間核能國家的作法相比較，在項目和作法上相當一致。其中，機組斷然處置程序、精進人力／組織運作，以及強化核能安全文化，規劃得更為嚴謹、縝密。

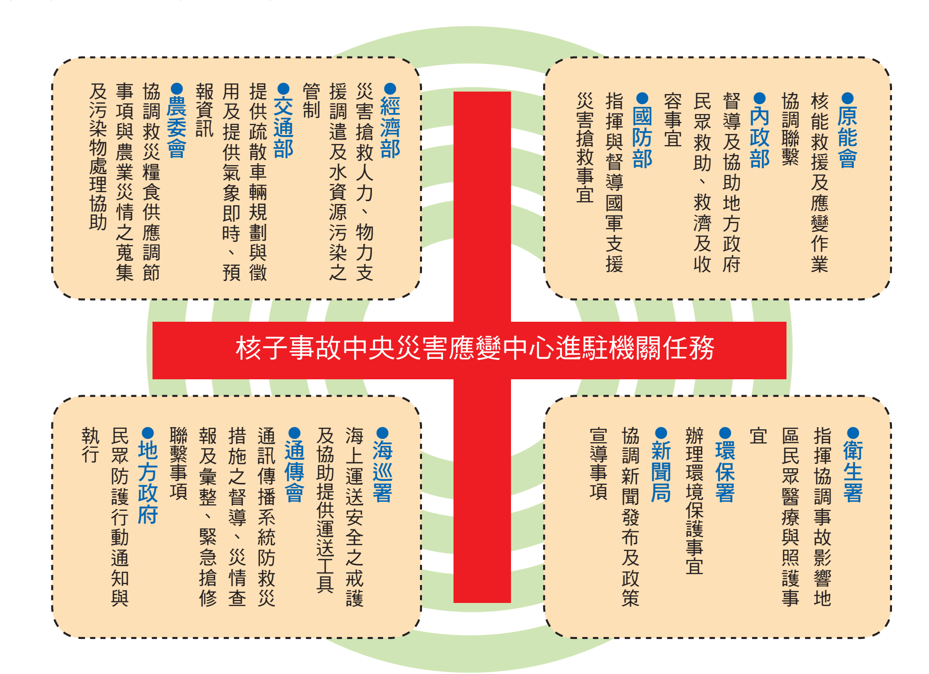
我們將會持續關注與日本福島事故相關的國際最新訊息，例如國際原子能總署




專家赴日本的真相調查報告，所提出的 16 項經驗回饋，目前國內的總體檢內容都已經涵蓋了。對於超出設計基準的災害，台電公司也會參照歐盟「核安壓力測試基準」，進行壓力測試。

（註：「壓力測試」是以不同天災威脅安全系統時，評估電廠防禦的強度、深度以及因應能力，找出潛在弱點。）

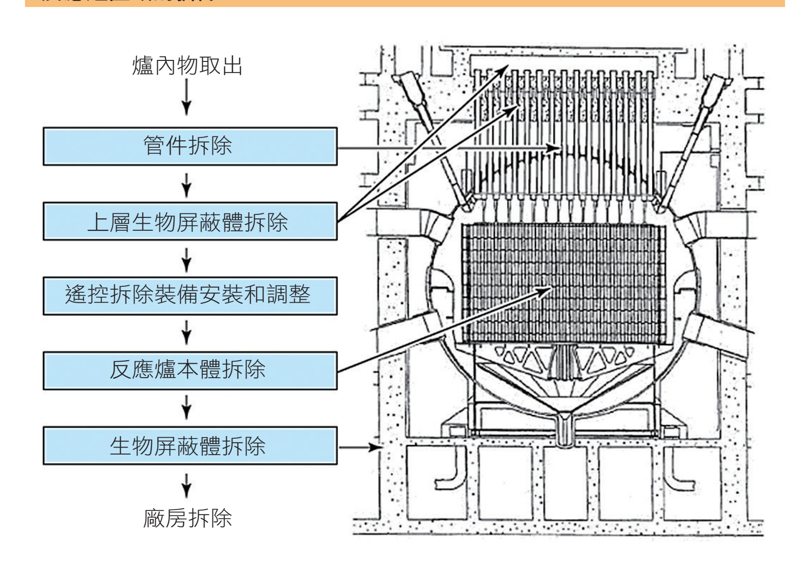
（本文取材自原子能委員會印製之「核電總體檢 安全再升級」常問問答集）



# 日本東海第一核電廠除役計畫（下）

譯・謝牧謙

### 反應爐區域的拆除




### 電氣設備變更工程

新配電盤安裝



2003 年 2 月

變壓器、柴油發電機安裝



2003 年 2 月

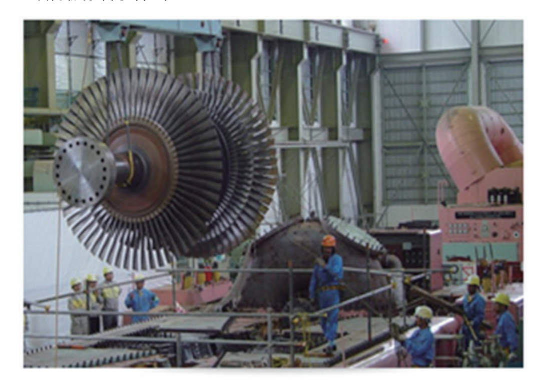
## 汽輪機廠房

拆除前的汽輪機廠房



2003 年 4 月

汽輪機拆除作業



用大型起重機吊起汽輪機定子 2003 年 5 月

## 供水泵廠房

拆除作業前



2004 年 4 月

供水泵拆除作業



2004 年 9 月

拆除作業中



2004 年 10 月

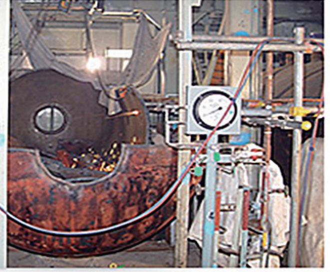
拆除作業後



2004 年 11 月作業完成

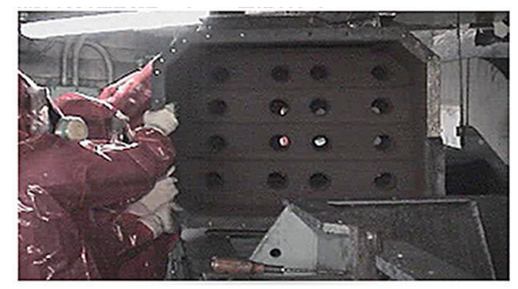
## 供水泵廠房

緊急用 $CO_2$ 貯槽拆除

2005 年 12 月

燃油分離設備旋風過濾器拆除



在 chute access area 將旋風過濾器拆除 2005 年 3 月

燃料分離過濾器切割作業



2005 年 3 月

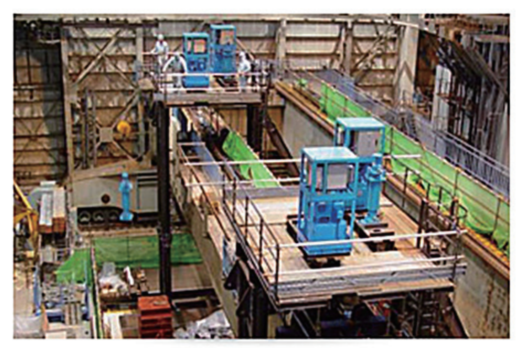
用尖鋸切割成小片



拆除物吊出　2005 年 3 月

## Transporter（移動燃料交換機的設備）

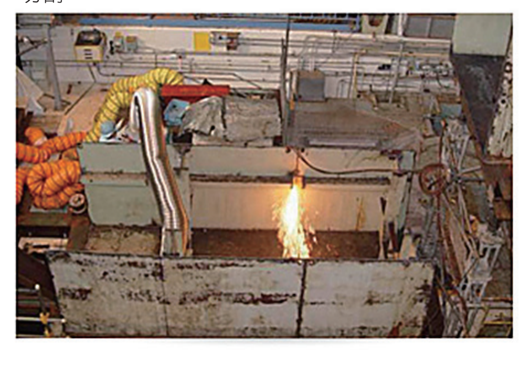
起重機下降開始



起重機下降完成



切割



拆除物吊離



氣體循環機區域設定作業



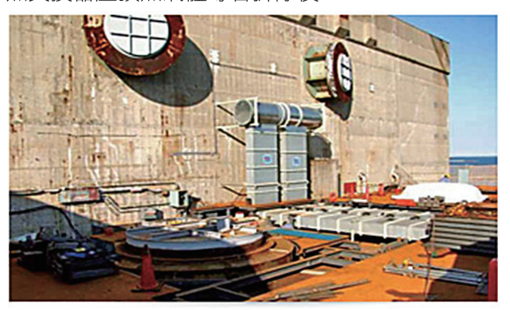
屋頂設備拆除作業（safety valve, roof fan 等）



熱交換器屋頂熱氣體導管拆除前




熱交換器屋頂熱氣體導管拆除後



## 廢棄物處理處分

除役產生的廢棄物可概分為「放射性廢棄物」及「非放射性廢棄物」，東海核電廠所產生的廢棄物量共 19.2 噸、其中放射性廢棄物約占 10%，除役產生的放射性廢棄物全屬低放射性廢棄物，其中含有放射性物質強度較高的到極低的都有。放射性廢棄物以放射性物質的強度來區分，再採用適當的處理、處置方法，可將所產生的放射性廢棄物安全又合理的處理完成。

（參考）110 萬瓩級核電廠除役所產生的廢棄物量約 50-55 萬噸，其中放射性廢棄物占 1-2%。

放射性廢棄物（運轉中所產生者亦含在內）依其性質及放射性物質強度減容後，在容器內固化、封口，最後掩埋處置。

反應爐區域進行拆除前所產生的放射性廢棄物量較少，可在既有的貯存設施內暫時除役。

最終掩埋處置在產生大部分廢棄物的反應爐區或拆除前應先確定，如無法確定時可計畫將安全貯存期間延長。

非放射性廢棄物則跟一般建築物或工廠的拆除物同樣處理，但盡可能資源回收再利用。

**東海核電廠除役產生廢棄物量（單位：噸）**

| 放射性物質強度區分 | | 運轉中廢棄物 | 除役廢棄物 | 合計 |
|---|---|---|---|---|
| 低放射性廢棄物 | 放射性物質強度較高者【L I】 | 30 | 1,530 | 約 1,600 |
| | 放射性物質強度較低者【L II】 | 4,210 | 8,870 | 約 13,100 |
| | 放射性物質強度極低者【L III】 | -- | 13,080 | 約 13,100 |
| | 小計 | 約 4,300 | 約 23,500 | 約 27,800 |
| 不必以放射性物質處理者（清潔解控制度對象物） | | -- | 40,160 | 約 40,200 |
| 合計 | | 約 4,300 | 約 63,700 | 約 67,900 |

廢棄物數量是在拆除後考慮到除污處理的效果所表示的量，包含已經產生的伴隨廢棄物（伴同工程產生的廢棄物）。除役期間產生的「非放射性廢棄物」數量約為 128,700 噸。小計合計值以百噸為單位，後面四捨五入。

**依法規低放射性廢棄物的區分及處置方法的概念**

核電廠產生的低放廢棄物，含除役產生的廢棄物在內，依法規區分如下，並按個別的基準進行最終處置。

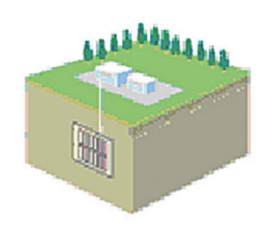
區分及處置的概念

**基準 1「L1」**放射性物質強度較高的低放廢棄物在 50-100m 的人工構造物中掩埋



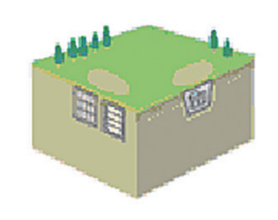
足夠的深度掩埋（300 年管理）

**基準 2「L2」**放射性物質強度較低的低放廢棄物在地下 10m 處的人工構造物中掩埋



混凝土溝掩埋（300 年管理）

**基準 3「L3」**放射性物質強度極低的低放廢棄物直接在地下掩埋



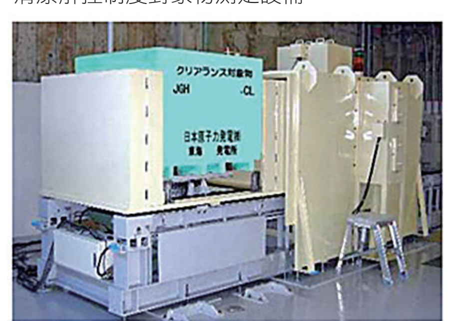
壕溝掩埋（30-50 年管理）

## 拆除移出到成品化的過程

東海核電廠除役所產生的拆除物內，依新制訂的清潔解控制度，經政府確認安全者，可視為一般金屬拆除物，為有效利用再生加工，於 2007 年 6 月 6 日開始搬離移出。

| | |
|---|---|
| 經產省測定及評估結果的確認 | 由政府確認全數記錄，必要時可抽查 |
| 在待移出區域保管 | 到移出加工之間的分別管理 |
| 搬離移出 | 搬出時需經門口放射性檢測 |
| 再利用 | 暫時在核能相關設施再利用 |

清潔解控制度對象物測定設備



分別管理的「待搬出區域」保管



搬出時在門口檢測確認

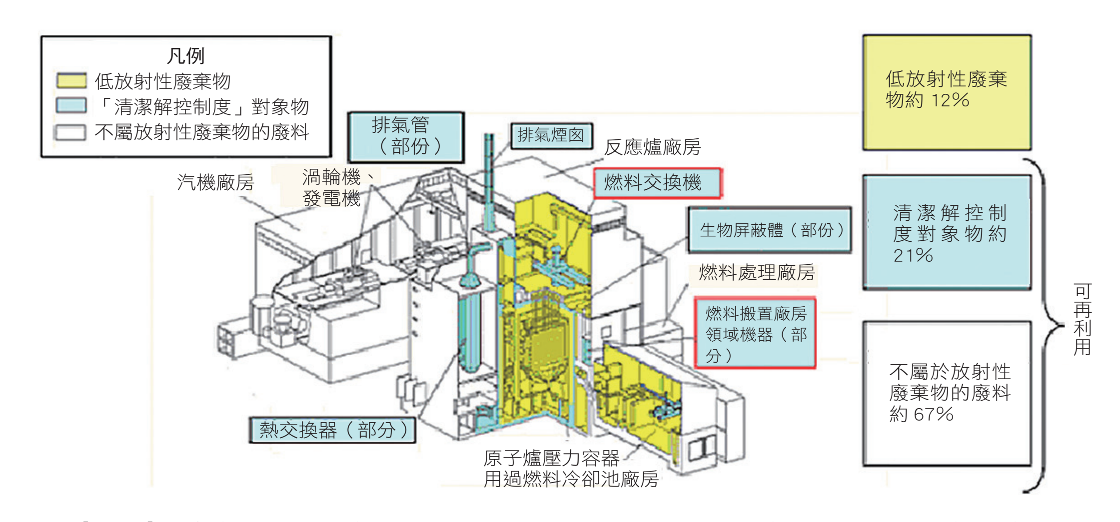


鑄造鐵工廠內「清潔解控制度」金屬熔解



**清潔解控制度對象物**

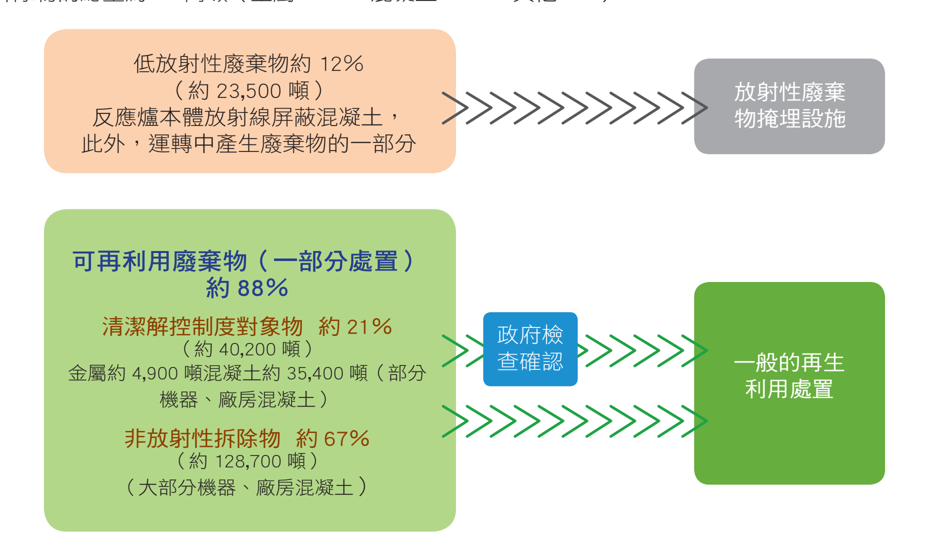
產生的廢棄物依國家規定的放射性物質強度區分來處理處置。其中可以回收再利用的盡可能回收。



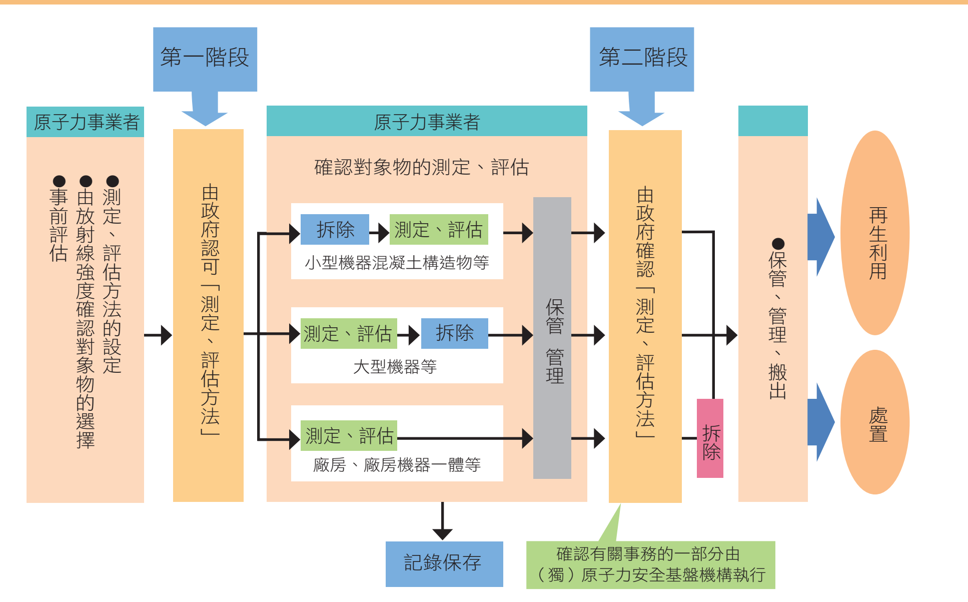

【備註】反應爐廠房，燃料處理廠房，熱交換器廠房，用過燃料冷卻池，汙染區域的內壁、地板等不得作為清潔解控制度物的對象物

## 拆除物的排出量

拆除物的總量約 20 萬噸（金屬 10%，混凝土 89%，其他 1%）




## 對象物的處理

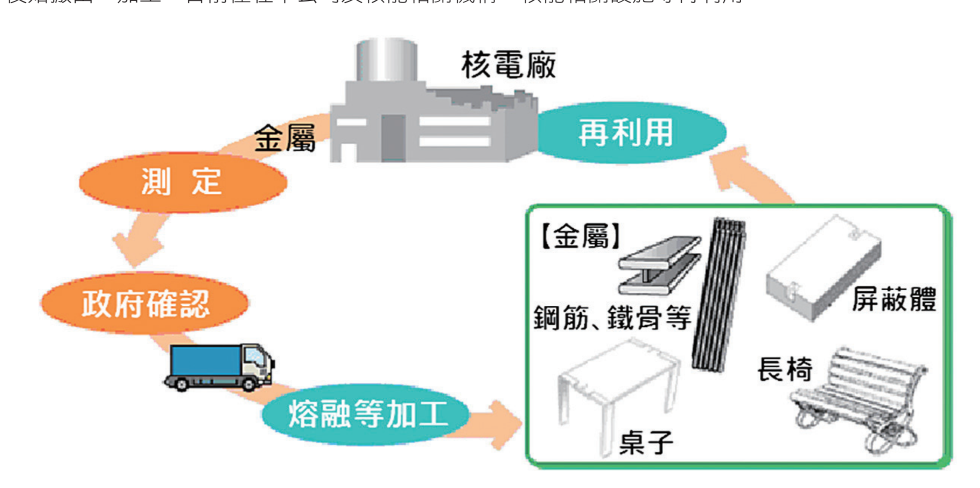


## 東海核電廠拆除物移出有關安全手續

| 向政府申請「測定及評估方法的許可」 | 對象物的測定 | 向政府申請「測定、評估結果的確認」 | 搬出廠區再生利用 |
|---|---|---|---|
| ◆申請測定及評估方法的許可<br>H18.6.2<br>許可◆<br>H18.9.8 | ◆測定開始<br>H18.10.3 | ◆申請確認<br>第 1 次<br>H19.4.27<br>確認◆<br>第 1 次 H19.5.31<br>◆申請確認<br>第 2 次 H20.3.26<br>確認◆<br>第 2 次 H20.5.27 | ◆搬出<br>H19.6.6 ～ |

## 目前的再利用方法

清潔解控制度對象物是依據經產省所制定的標準進行測定，判定在標準值以下者，在經過經產省確認後始搬出、加工，目前僅在本公司及核能相關機構，核能相關設施等再利用。




### 地方宣導活動──舉辦說明會

有關除役措施的計畫內容及進度狀況，均在當地的溝通中心舉辦說明會，向民眾及相關人士說明。在說明會中坦率報告實際狀況，力求獲得民眾的理解。

資料來源：日本原子力株式会社　東海発電所の廃止措置
http://www.japc.co.jp/project/haishi/


溝通中心舉辦說明會的狀況



▲ 圖 1. 參觀北部展示館之後，大家都覺得獲益良多

# 深耕核能教育之我見

文、攝影 ‧ 林光賢

教育是百年大計，現在由於知識爆炸，資訊管道多元普及，台灣也即將實施 12 年國民教育，照理講國民的知識水準至少也應等同已開發國家，甚至也可與歐美科技先進國家並駕齊驅，然而我們還是經常發生民眾以環保為名義的抗爭事件，而其議題不外乎反垃圾焚化爐、反污水處理廠、反掩埋場、反變電所、反高壓電塔及輸電線、反發電廠、反核電、反工廠排放廢氣、廢水、有毒廢棄物。工廠污染環境固然不對，但是反對其他公共設施的議題卻令人難以理解，因為你我每個人都是垃圾的產生者、都是電力的使用者，然而享受現代文明生活，卻自私的排斥自己也需要的環保處理設備及公共設施，這種「以鄰為壑」、「不要在我家後院」的「鄰避」心態，我們不禁要問:「到底我們的教育出了什麼問題?」

長久以來，我們的教育一直被考試牽著鼻子走，雖然不再是一試定終生，但是從小到大考試不斷，國中有基測，高中有學測及指考，進了大學畢了業，即使不考研究所，還有最重要的一關證照考試及職場考試；從一群畢業生擠破頭的報名專門技術人員特考、公務人員高普考、公營企業特考，不難想像考試的影響力。但如果是不考試的科目，就會是現階段教育的大罩門，絕大部分的學生根本沒興趣去研讀，以致畢業後對生活的基本常識一知半解，也無怪乎會有很多非理性的抗爭了！

## 民眾對能源及電力的認知落差大

很不幸的，台電公司在這幾個環保議題上，似乎成了眾矢之的。

台電一天 24 小時、一年 365 天隨時隨地的提供最潔淨、最方便的電力服務，換得的卻是民眾「要電不要電力建設」的反應，台電員工的委屈只能往肚裡吞，這心聲是享受到電力便利性的民眾應該聽到並體諒的。台灣的自產能源太少，99%以上的能源必須仰賴進口，而電力又是須轉換的二次能源，台灣四面環海，也難以從島外輸入電力，是一個「電力孤島」。因此要如何自給自足，提供穩定、安全又價廉的電力，是一個必須嚴肅面對，與國防、




▲ 圖 2. 透過室內研習課程，學員們可以先對課程有基本的了解

經濟、民生都相關的重大問題，然而民眾對「能源」及「電力」的認知卻有很大的落差。

早在 1968 年時行政院院會核定的「台灣地區能源發展原則」裡，就已確定我國能源將朝多元化發展，並積極引進當時最先進的核能發電技術，自 1970 年起開工興建第一核能發電廠，並安然渡過了兩次能源危機；到了 1985 年，台灣已有 3 座核電廠 6 部機組在運轉，每座核能發電廠都預留了日後增建機組的空間。便宜穩定的電價，讓台灣有了經濟發展的本錢，創造了舉世矚目、很多國家也想複製的台灣經濟奇蹟，核能發電的功勞實不容抹殺。

然而，1979 年美國的「三哩島」、1986 年前蘇聯的「車諾堡」及 2011 年日本的「福島」發生了嚴重的核電廠災變，民眾普遍認為連核能先進大國都會發生事故，台電公司如何保證台灣的核電廠不會發生事故？萬一發生了，小的台灣要往哪裡逃？所以應該立即關閉所有的核電廠才會安全！不過即使真的關閉了台灣所有的核電廠，民眾難道就可以免除核災恐懼的陰影嗎？

從這次日本的福島電廠核災事件來看，台灣地區也不能倖免於輻射塵的飄落，台灣鄰近地區還有許多核電廠，民眾還是無法逃離全球核災的恐懼。在 311 事件滿週年的前夕，回顧這一年來的環境變化，輻射塵對我們的生活品質影響，似乎遠不及地球暖化、氣候變遷、天氣異常的這股洪流，證明了民眾在 311 事件發生時是過度的恐懼，對輻射傷害的認知也有很大的落差。

## 台灣需要深度思考能源政策

如果台灣廢核成為事實，在還沒有適當的替代能源前，只會加深我們對化石燃料的依

賴，排放更多的二氧化碳，更陷入全球暖化的危機。而號稱潔淨的再生能源，不是不穩定就是能量太小，至少在短期間內還看不到技術成熟到足以應付當前的用電需求。因此「核能發電還是當前台灣不得不的選擇，台灣還是有使用核電的必要」。所以，不只要加強推動核能教育，而且要有深度的探討其他替代能源的可行性，才能導出核能發電的重要性，實在難以替代。畢竟台電公司的 3 座核電廠 6 部機組每年穩定的貢獻 400 億度的電力，占台灣用電量的 1/5，廢核電的同時，要拿什麼樣的發電方式才能完全替代？

## 透過研習會加強溝通與教育

多年來，台電公司一直在推動核能教育，其中最具代表性的是已辦理 20 多年的「中小學教師電力建設研習會」。這個研習會最早於 1989 年開始委託中國青年反共救國團辦理「中學教師核能發電研究會」；後來為了解凍卡在立法院的核四復工預算，台電公司特別成立了「核四策略小組」，研擬社會各階層的溝通策略；1994 年再擴大成立正式組織「核能溝通中心」，並承接原「核能發電處」訓練課的民教工作，持續辦理本研習會，並改名為「中、小學教師現代能源（核能）發展研究會」，由教育部、清華大學、救國團及台電共同辦理。

2003 年，因為推動「非核家園」，研習課程開始多元化，再改名為現在的「中小學教師電力建設研習會」。研習課程除了「核廢料處理」外，也加入「輸變電與電磁場」及「電源開發與再生能源」課程；2007 年台電公司開始自辦，回復「核能發電」課程後一直沿用至今，見證了核能教育 20 幾年的起伏。

## 多元課程設計加深學習效果

筆者有幸主辦了近幾年的研習會，以 2011 年辦理的成果為例：辦理的目的是利用寒、暑假期間針對全國中小學教師開辦研習課程，向教師傳達正確的電力知識，並安排參觀活動，認識電力建設的重要性。在全國各地的學校作基礎教育扎根工作，破除外界對台電的誤解，減少日後無謂的抗爭。辦理時間為民國 100 年 1 月 25 日至 28 日（寒假期間）、7 月 19 至 22 日及 8 月 16 日至 19 日（暑假期間），共辦理 3 梯次。4 天 3 夜的課程，有 172 人全程參加，均獲得 23 小時的研習時數。

本研習會的課程需先經教育部審查通過，並敦聘國立知名大學教授及台電業務相關處室實務專家來授課，課程包括台電經營現況、認識核能發電、認識電磁場、認識再生能源、教案設計與實務演練、電力實驗設計與應用、用電安全與節約能源等課程，內容實用又豐富；同時也安排體驗式研習，實地參觀核電廠、水火力電廠、太陽光電發電站、變電所等，結合電力學實驗及參觀電力設施活動，深獲教師們的好評。另舉辦分組教案設計觀摩競賽，讓教師們立即學以致用，加深學習效果。

而在上課期間提供「電磁場強度測試器」，以量測家電產品的電磁場強度，「蓋格計數器」可讓學員自行量測含鉀食用鹽的輻射劑量；並在參觀核電廠及變電所時攜往現




▲ 圖 3. 參觀核二廠反應爐頂，能夠進一步對核電廠有所了解

場量測，實地驗證輻射與電磁場在生活中無所不在，且都在安全值範圍內，建立對所學課程的信心。

台電公司也在Facebook（臉書）成立電力研習營粉絲團，結合歷年參加過研習會的教師，隨時PO網提供最新電力相關資訊，也設置主題部落格，串聯台電公司其他活動，進行網路行銷。

## 深耕核能教育的心得與感想

現今要推動核能教育所面臨的困境，我有一個比喻覺得相當的貼切：「一張白紙要是沾上了墨汁，以後不論怎麼樣的洗濯，總還是會留下了淡淡的墨痕」，一個錯誤的觀念一旦被銘記，是很難再矯正回復的。

一、教育的目的在傳授知識、教化人心，如果現在民眾已經對核能有成見，想藉教育去改變是有相當的困難度，與其事倍功半的去說服民眾，不如從學校開始做長期深耕，向在校的學生作基礎性的扎根。但教育學生之前需先讓老師再教育，台電公司辦理的「中小學教師電力建設研習會」就是一個最好的例子。教師遍及台灣各鄉鎮，也比較受到學生家長的尊重，透過中小學教師來改變家長的看法，應該比台電人員登門拜訪來得有效。

二、核能是由「核反應」所產生，比一般的化學反應還要來得艱深，對國小生的程度只能談能源教育，中學生對普通化學的認識還是很粗淺，也很難去說明週期表最後一段有放射性的超重元素會有怎樣的核反應，而且也沒辦法做實驗，所以需要有很好的比喻來形容核反應的現象。

三、核能發電是諸多發電方式的一種，如果不看核反應爐產生熱能這一部分，其實跟火力發電的汽力機組是一模一樣的，這個觀念一定要說清楚，才不會給人有黑箱運作、神秘的感覺。

四、由於核能發電是可以替代的，所以課程不能只講核能發電，一定要把所有的發電方式也一併介紹，將優缺點忠實呈現，再擴大研討其他的能源議題，包括國際的二氧化碳排放減量公約及氣候變遷、地球暖化現象都可討論，再把台灣的現況套進來，檢討各種發電方式的背景條件是否可行？可做到什麼程度？最後再來檢討核能發電是不是最後一個可行的選項？如果不選核能發電會有什麼樣的後果？台灣的條件能不能承擔？

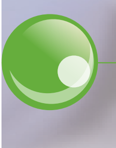
五、室內的課程必然是枯燥的，一定要安排體驗式的研習，包括現場參觀及電力學實驗（也可以用影片說明），研習的課程才能加強效果。如果能安排參觀核電廠，站在運轉中的反應爐上拍照，相信一定永生難忘，也會是核能安全最好的見證人。

六、輻射和電磁場都是一種能量的形式，看不見也摸不著，所以一定要提供量測儀器讓學員親手操作，並準備日常生活中常接觸到的物品作為樣本，以說明輻射和電磁場是無所不在的，以前不知道也沒有受到危害，所以現在就不需要過度擔心，將儀器帶去參觀現場實地量測，比課堂上說破嘴都來得有用。

七、最好能在結束前舉行分組研習成果發表競賽，如教案設計或演講、作文比賽，讓所學的知識，經消化後回饋吐絲，更能加深研習成果。

八、現在網路發達電腦普及，如能善加運用，進行各種網路行銷，隨時提供最新訊息積極互動，其衍生的效益將無可限量。

（本文作者為台電公司公眾服務處溝通組課長）







▲ 渥妥 3、4 號機冷凝器組件到位。

# 30 年來首次！美國發出新反應爐核可

文・編輯室

美國核能管制委員會 30 年來，首次發出核電廠興建 - 營運執照。喬治亞州沃妥核電廠，將可以增建 2 部西屋 AP1000 型反應爐。一旦電廠營運公司 10 日後拿到實體執照，將可以進行核安相關區塊的混凝土澆置，等同宣告反應爐正式進入興建中狀態，預計可分別在 2016 及 2017 年營運。

美國核能管制委員會通過的決定，替耗時 4 年的申請流程劃下句點。5 名專家組成的評估小組，其中 4 人通過發給執照、1 人棄權。唯一棄權的核管會主席表示，他希望南方公司加強安全措施。他並且指出，他無法裝作福島事故沒發生過，發出執照。然而，其他的專家對他的看法頗有微詞。委員之一的思凡妮琪指出，「關於 2011 年 3 月 11 日福島事故，我們可沒有個人或集體失憶。」她說，其他委員並不支持主席設下的發照條件。「因為我們發現，就算有這些條件，也不會改善管制作業，或讓營運中／計畫中反應爐的安全性產生差異。」

渥妥核電廠營運公司——南方電力公司於 2008 年 4 月向核管會申請同址增建 3、4 號機，並與西屋、蕭氏集團簽訂統包合約。1 年後，南方公司獲得特定區域興建工程核可。渥妥廠址現已做好廠址清理和開挖工程，準備施作反應爐建築混凝土基礎、布設冷卻水管等工事。

西屋 AP1000 型反應爐乃是模組化設計，反應爐容器底部已經組裝一部分，目前正在進行工程浩大的用過燃料暫貯區。反應爐主要組件如蒸汽產生器和反應爐壓力槽是跟南韓斗山重工訂購，目前進度到冷卻塔及蒸汽機島；模擬訓練中心的模擬器已經於 2011 年底裝設完畢。

來源：WNN News 2012/02/09

圖片：http://www.southerncompany.com/nuclearenergy/photos.aspx

# 小而美
# 美國推行小型反應爐

文 ‧ 編輯室

美國能源部將藉由與民間企業討論新的成本分攤方式，協助推廣小型模組化反應爐。能源部的終極目標，是藉由產官合作分擔成本，支援反應爐初期工程、設計認證和發照。能源部並向民間企業發出英雄帖，希望在 2022 年，可以讓布設小型反應爐的理想成真。

小型模組化反應爐（Small Modular Reactors, SMRs）容量 30 萬瓩，約為一般商用反應爐的 1/3。跟傳統核電廠相較，小型反應爐在安全、興建、選址和成本競爭力上，都有潛在的優勢。除了占地規模小之外，此系列反應爐設計較簡單，安全性較高。

小型反應爐本質上是「隨插即用（plug and play）」，工廠製造完畢後就可運到廠址，節省成本支出和興建時間。而由於占地規模小，適合無法設置大反應爐的小型電網區域，保有單獨使用、或是在大型發電園區一次設置一批的彈性。美國能源部部長朱棣文以「重要的一步」，來描述資金活水注入小型模組化反應爐計畫的重要性。「美國的選擇很明確，我們要不就發展次世代潔淨能源科技、協助創造數以千計的就業和出口機會，要不就等別國捷足先登。」

能源部已於 2 月中提出 2013 會計年度預算申請案，待國會修正核可後，即可正式通過。其中小型模組化反應爐設計、發照作業占 6,500 萬美金。除此之外，能源部也申列 7,330 萬美金，做為先進反應爐和高溫氣冷式反應爐的研發和示範廠之用。



▲ NuScale 反應爐容器和系統剖面圖

目前已有幾家公司報名參與小型模組化反應爐計畫，以西屋為例，該公司正巧在研發 20 萬瓩小型模組化反應爐，因此趁機搭上能源部順風車、申請經費。西屋技術長凱特傑克森表示，西屋將會跟其他電力公司組成合資公司，申請聯邦政府經費。「對美國公司而言，能夠獲得政府金援，等同降低進入市場障礙」，她特別強調。

美國其他還在初期研發階段的小型模組化反應爐包括 NuScale 電力公司的 4.5 萬瓩反應爐和 B&W 公司的 16 萬瓩反應爐。美國主管機關預計分別在 2012 年初與 2013 年底，通過這兩部反應爐的設計認證，目前正在進行發照前置作業。

來源：WNN News 2012/02/14, 2012/01/23



# 反應爐延壽 法國最佳選擇

文．編輯室

在法國總理費雍要求下，審計署做出的法國核電成本分析報告出爐。報告分析指出，法國投資新核電廠或是其他種類能源，所費不貲且緩不濟急。現有反應爐機組延壽，才是最佳方案。

回顧法國核電過往、現況和未來展望的報告分析，法國目前花在核能區塊的經費，達到 2,460 億美金，興建核電相關設施，總成本達 1,580 億美金。其中，興建全國共計 6,251 萬瓩容量的 58 部第二代反應爐，耗資 1,250 億美金；8 部現已除役的第一代反應爐，耗費 80 億美金；研發燃料循環設施，尤其是再處理廠，花費 250 億美金。720 億美金則在核能科技研發；興建營運和關閉超級鳳凰反應爐，耗資 160 億美金。

法國反應爐原本執照營運年限為 30 年，目前有兩部反應爐——崔卡司汀和費森漢，通過延壽至 40 年的核可。審計署指出，若全國現有機組均獲延壽至 40 年，58 部反應爐中的 22 部，會在 2022 年前關閉。因此，若要把核能發電比例維持在現在的 75%水準，屆時需投資 11 部新的歐洲壓水式反應爐。然而報告指出，這種短期投資案付諸實行的可能性「非常低」。

審計部建議，既然目前法國尚未做出投資新核電廠的決策，政府只有兩個選擇：再次延展現有反應爐 40 年年限，或大刀闊斧調整法國發電配比，而兩者都需要擴大投資。核電廠的營運年限，對於發電成本有相當大的影響，延壽等於延後付出除役成本和擴增新發電容量的投資成本，在經濟層面考量下，是較好的選擇。

## 核電廠興建成本飆升

隨著時間流逝，興建核電廠成本不斷增加，以 2010 年歐元幣值來算，興建於 1978 年的費森漢核電廠，每 1,000 瓩的成本為 141 萬美金，2000 年興建的舒茲核電廠成長到 272 萬美金，現正興建中的佛藍明爾核電廠，則暴增到 490 萬美金。

法國未來所有核能設施除役和放射性廢棄物處置費用，包括反應爐、研究和燃料循環設施，估計達 1,038 億美金。拆除設施需要 417 億美金，其中 241 億用來拆除現有的 58 部反應爐。用過核燃料處理需要 193 億美金，廢棄物處置需要 371 億美金。然而，報告指出，由於除役成本的資料不多，法國也沒有最終處置計畫，因此成本分析變化很大。就算未來成本上升，對發電成本影響有限。

在法國 2012 年 4 月總統大選來臨之前，社會黨總統候選人奧朗德提出減核政見，要在 2025 年前，將發電比例從 75%降到 50%。但根據法國電力工會於 2011 年 11 月發表的報告指出，減核所費不貲，會導致電價上漲和碳排放增加。

來源：WNN News 2012/01/31



# 西班牙、加拿大管制機關核准反應爐延壽

文．編輯室

西班牙和加拿大核能管制機關，分別裁定該國核電廠延壽無虞——西班牙的佳若納核電廠和加拿大里普岬核電廠，可獲延壽。

儘管西班牙核能安全委員會早已認為佳若納核電廠可營運到 2019 年，但政府於 2009 年時，僅同意延壽 4 年。然而，2012 年初上任的新政府扭轉 2013 年除役的決策，並請管制機關評估核電廠現況和延壽所需的技術更新。管制機關再將結果，回報給負責核電廠延壽決策的工業能源旅遊部。

回首過往，當 2009 年核能安全委員會評估佳若納核電廠延壽至 2019 年的可能性時，曾列出電廠可在 4 年內實施的改善項目。在這次新的報告書中，委員會再次強調，若佳若納核電廠要在 2019 年後繼續營運，還是必須要達到核安和輻射防護的標準，並在 2012 年 9 月前送交必要的文件。

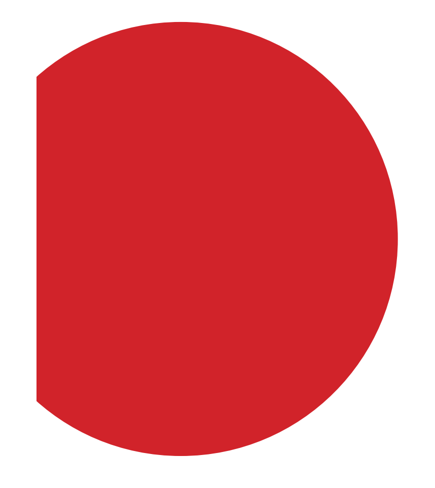
## 加拿大里普岬核電廠大修後重啟、延壽 OK

加拿大管制機關公布，展延新布朗斯威克省的里普岬核電廠執照 5 年。里普岬核電廠自從 2008 年大修後即關閉，管制機關已經發給燃料裝填與重啟核可。

僅有一部 68 萬瓩壓水式反應爐的里普岬核電廠，自 1983 年開始商轉，於 2008 年 3 月停機大修，更換數百個燃料匣和相關套管等設備，使電廠可延壽 25 ～ 30 年。原本電廠大修預計要花 1 年 4 個月、耗資 14 億美金，但由於檢修區域擴大，因此到 2012 年 5 月才能完成。

在進行為期兩日的公聽會後，加拿大核能安全委員會宣布，里普岬核電廠執照更新至 2017 年 6 月底。加國核管會也建議該廠進行抗震評估，並且進行資訊公開、將結果公布。新布朗斯威克省發電處副處長認為管制機關「正面的決定」，等於投下信心的一票。「我對於我們核電廠工作同仁的成果，感到相當驕傲。」他如是說。

來源： WNN News 2012/02/20





# 31 年來首見貿易逆差
# 日本進口化石燃料付出代價

文 ‧ 編輯室

2011 年日本進口大量能源，導致 31 年來出現首次貿易逆差。貿易逆差部分原因是製造業遭海嘯重擊，但進口化石燃料替代關閉核電廠電力，更是主要因素。日本目前正在研擬新的能源政策，以能源效率和再生能源為優先。但日本領導人坦言，要達到減碳目標無望。

福島事故以前，日本核電發電比例約為 3 成。但事故後，各機組因檢修等原因陸陸續續關閉，民眾信心還需重建，使得全國總數 54 部反應爐，截至 2012 年 2 月底，只有 2 部在營運中。

在能源短缺的狀況下，日本必須大量節電，對國內和工業衝擊甚大，其中尤以汽車及汽車零件業、IT 產業、半導體和視聽家電業受害最深。電力公司轉求替代燃料發電，因此化石燃料進口增加 25.2%，占日本 2011 年海外支出近 1/3，石油、天然氣和燃煤都是支出大宗。

整體來說，日本 2011 年化石燃料進口，花費 2,770 億美金;2010 年為 2,220 億美金，增加的 550 億美金顯然就是從 1980 年來首見、日本貿易逆差 320 億的頭號殺手。

日本進口的化石燃料中，以液化天然氣增幅最多，讓海外國家荷包滿滿──中東地區進口量成長 6 成（150 億美金）、東協多 2 成（240 億美金）、俄羅斯成長 6 成餘（47 億美金）；美國則多進口近 1.5 倍的燃煤，達 16 億美金。另一方面，石油進口量成長 39%，達 280 億美金，部分用以發電。

日本 2011 年 3 月至 5 月面臨 31 年來首次的貿易逆差，但在 8、9 月慢慢縮減，11、12 月冬季再度擴大。日本政府已邀請國際原子能總署，聽取壓力測試計畫意見。若日本反應爐通過兩階段壓力測試，加上貿易逆差的數字，可能會讓日本領導人更有理由重啟核電廠。

來源：WNN News 2012/01/25

# 核能新聞

文・編輯室

## 國外新聞

### 全球最老核電廠吹熄燈號

全球最老的核電廠英國歐柏里1號機，在營運44年後，於2月底關閉。電力公司計畫2019年在同址蓋一座新核電廠，賦予廠址新生命。

於1960年代上線的歐柏里核電廠，廠內有兩部氣冷式石墨緩和反應爐，原先預計在2008年關閉，後來獲得延役。2號機於2011年6月關閉，但1號機在經濟成本的考量下，提早10個月，於今年2月退役。

歐柏里核電廠營運期間，總共生產0.14兆度電力，足以提供百萬戶家庭20年電力。隨著核電廠走入歷史，下一階段的除役與新核電廠計畫將同時進行。廠內用過核燃料將在2013年前移出，並進行廢棄物處置和建築物拆除。等到拆除大多數建物後，核電廠將在2027年進入維護階段。同址的新核電廠，則由在德國廢核政策下鎩羽而歸的RWE及EOn電力集團籌畫，將在2014年送出申請案、2016年進行廠址初期工作、2019年動工。

來源：WNN News 2012/02/29

### 添新生力軍　南韓2部反應爐連結電網

南韓兩部最新反應爐──新古里2號機和新月城1號機，日前連結電網，預計在2012年中以前商轉。連結電網後，南韓營運中反應爐陣容增加到23部。

新古里2號機於2011年12月起動，於2012年1月連結電網，加入同廠1號機於2011年初商轉的行列；新月城1號機則於2012年1月起動並連結電網，其同廠的2號機，預計將在2012年底前起動。

來源：WNN News 2012/2/23

### 印度需核能催生經濟成長

印度電力部長辛德在國際核能座談會議上強調，為了經濟永續發展，印度會繼續發展各式能源，滿足成長的電力需求。在這些能源中，辛德表示：「核能發電有幾項明顯的優勢，以運輸和燃料來看，體積小、容易管理，比其他發電方式環保多了。」印度政府目標在2032年，有6,300萬瓩核電裝置容量。

能源部長辛德的理想，是將印度發電系統提昇到12億人均可享用電力的程度。目前該國4成國民無法用電，且有電可用的國民，每天僅能使用數小時。由於輸電網路效率低落且易漏失，有很大部分的電力，就在傳輸過程中浪費掉了。

目前印度每年每人平均用電量為750度，全球平均值為2,752度。印度原能會主委報告表示，若人口穩定成長，在2050年，印度人口將達到16-17億，每人年平均耗電量為5,000度、全國總用電量為8兆度，達全球現今4成發電量。屆時水力等再生能源可支援約1兆度的電力，其餘要由核電或是燃煤發電供應。若由燃煤發電來補足發電缺額，與現在每年30億噸碳排放相比，印度未來每年將排放77億噸二氧化碳。且進口燃煤比核能貴很多，若沒有核電，印度的經濟成長會趨緩。因此，印度將擴大發展核能，以兼顧經濟成長與碳排放目標。

來源：WNN News 2012/02/22

## 望春風　日本反應爐仍待重啟核可

隨著高浜 3 號機進入定期檢修，日本原有的 54 部反應爐，只剩 2 部在孤軍奮戰－柏崎刈羽 6 號機和泊核電廠 3 號機。

福島事件後，日本反應爐必須通過兩個階段的壓力測試。第一階段適用於「定期檢修而關閉」的機組，測試反應爐是否能承受強烈地震和海嘯侵襲。然而，雖然某些反應爐已經做過測試，但日本政府仍未決定重啟任何機組。反應爐要重啟，除了需要中央政府核可之外，還需要地方主管機關同意，某些地區的民意反對聲浪仍高。依目前反應爐陸續關閉的態勢看來，日本在 2012 年中恐將沒有反應爐營運。

來源：WNN News 2012/02/21

## 英法核能合作　為英國新反應爐鋪路

英法兩國 2 月 17 日簽訂具有里程碑意義的協議，將合作發展民用核能，為英國興建新核電廠鋪路。這次協議價值 5 億英鎊，可催生新核能設施，帶來 1,500 個就業機會。英國首相卡麥隆指出，這系列協議只是前後總值 600 億英鎊、3 萬個工作機會鉅額投資的敲門磚。

協議重點包括：在英國辛克立角核電廠址興建 2 部歐洲壓水式反應爐、設立英國布吉瓦特教育訓練中心和與勞斯萊斯機電公司研發關鍵組件。

2011 年底，法國電力公司向英國基礎建設籌畫委員會提出申請，將在英國辛克利角興建及營運兩部新的反應爐。另一方面，英國勞斯萊斯機電公司計畫在英國北部興建專用工廠，該地同時也是核能技術研究中心，負責輔導公司成為認證核能廠商。勞斯萊斯發言人表示，他們希望新工廠能幫他們帶來國外核能組件訂單。

來源：NucNet, WNN News 2012/02/17

## 土耳其計畫興建第 2 座核電廠

土耳其能源部長日前表示，土耳其將會藉由興建第 2 座核電廠，展現拓展核能的決心。繼土耳其於 2010 年 5 月和俄羅斯簽下協議，合作興建營運土國首座核電廠後，該國近來也和南韓重啟協商，在黑海岸興建第 2 座核電廠計畫事宜。

來源：NucNet 2012/02/06

## 芬蘭新核電廠將選擇反應爐廠商

芬蘭計畫在西海岸興建的新核電廠，收到兩家廠商的招標文件。未來出線的廠商是法國亞瑞華或是日本東芝集團，將會在 2013 年底前揭曉。

負責新核電廠計畫的芬諾芙瑪公司，於 2008 年選擇亞瑞華及東芝兩家公司作為決選投標廠商。亞瑞華主打 170 萬瓩的歐洲壓水式反應爐，東芝集團則是 160 萬瓩的沸水式反應爐。芬諾芙瑪公司於 2011 年中，邀請這兩家廠商針對新核電廠蒸汽島的工程設計、產品供應和興建投標，但廠址初期的基礎建設興建和其餘準備工作，則不包括在合約內。2012 年初，亞瑞華與東芝投下商務標。由芬諾芙瑪公司負責的初期廠址工作，會在 2012 年中過後啟動；最後雀屏中選的廠商會在 2012 或 2013 年公布。

來源：WNN News 2012/02/01

## 俄羅斯啟用中期貯存設施

俄羅斯近期啟用一座中央貯存設施，用以貯放俄式反應爐的用過核燃料。位於西伯利亞的新乾式中期貯存設施第一階段剛完工，長 270 公尺、寬 35 公尺、高 40 公尺，最終可容納 3.8 萬噸俄式反應爐的用過核燃料。用過核燃料將放置在特別的護箱內，以火車運輸到設施處。預計 3 月底前，首批用過燃料會抵達新設施。預估第一階段的容量，將會在 8-10 年貯滿。

用過核燃料將暫貯在設施內最多 50 年，在此期間，再處理技術應可日漸成熟。長期來說，俄羅斯正在規劃高放射性廢棄物的地質貯存場。俄羅斯國家原子能署發言人向莫斯科時報表示，俄羅斯目前每年再處理 16%的用過核燃料。然而，他們目標是在 2020 年前，用過核燃料「全部」再處理。

來源：WNN News 2012/01/30

## 英國民調：核電是英國「最佳」選擇

最近英國全國性民調結果顯示，英國人相信核電會是政府最佳的基礎建設投資。民調結果顯示，大多數民眾心裡對核能辯論早有定見，社經階級和所在區域，對於核電或離岸風力發電的支持度，並沒有顯著影響。英國歷經工黨首相布萊爾、布朗和現在的保守黨——自由黨聯合政府卡麥隆政黨輪替，對於核電和離岸風力發電，都一貫支持。

由YouGov民調機構於1月19和20日，針對 1,711 名英國民眾調查對政府基礎建設意見結果指出，19%的民眾從在一系列進行中或是尚在討論中的計畫中，選出投資核能為英國最佳選擇；位居第二的是離岸風力發電廠，第三名則有 13%的民眾選擇偏遠地區超級寬頻網路架設。其餘無特殊偏好的選項包括機場、鐵路計畫和潮汐發電計畫等。

跟其他民調結果相似，核能較受男性和年長族群支持，且 29% 的保守黨支持者和 29%的男性偏愛核能。在 60 歲以上族群間，26%的人選擇核能。這些支持度明顯超過任何族群在其餘選項的選擇。相較之下，24%工黨支持者、21%的女性和 23%的 18-24 歲民眾，選擇離岸風力發電。

YouGov 的民調緊跟在 Ipsos-Mori 機構 10 天後實施，後者民調顯示，英國人對於核能的支持度，已經慢慢從福島事故後回升。Ipsos-Mori 調查指出，英國約有 50%的人支持興建新核電廠替換將關閉的機組；同樣的調查，在 2011 年 6 月僅有 36%的支持度，2010 年 11 月則有 47%的高支持度。

來源：WNN News 2012/01/27

## 沙烏地阿拉伯拓展核能廣度

在中國大陸總理溫家寶訪沙烏地阿拉伯期間，沙國順勢延伸核能合作觸角，與中國大陸簽訂核能協議，但官方並未透露合作細節。沙烏地阿拉伯自 2009 年起開始考慮核能發電、海水淡化計畫，在 2011 年開始陸續與阿根廷、法國和南韓簽訂合作協議。

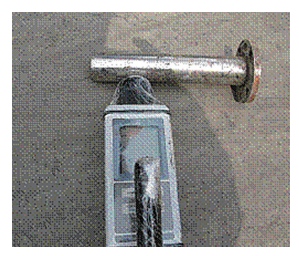
來源：WNN News 2012/01/16

# 國內新聞

## 廢棄工業用輻射源 超出背景輻射值

財政部高雄關稅局於 3 月 3 日自越南申報進口廢鐵貨櫃中，檢出一支棍型鐵質輻射異常物（如下圖），研判為廢棄的工業用輻射源，該物品經原子能委員會分析確認僅含有鈷 -60 放射性核種，與核電廠內受污染物品含有多種放射性物質的情形並不相同。

原能會為確保國內鋼鐵業生產的鋼鐵材免遭受輻射污染，已於 83 年訂定發布「放射性污染建築物事件防範及處理辦法」，並建立上、中、下游防範管理機制，要求國內所有設置熔煉爐的 19 家鋼鐵廠裝設門框式輻射偵檢器，並建立輻射偵檢機制，對出入鋼鐵廠的原料與成品均實施輻射偵檢，所採用的檢測標準即為環境背景值。歷年來，此防範管理機制，已確實發揮功能，有效防範輻射污染事件發生。



▲ 棍型鐵質輻射異常物

近年來為加強稽查國際間流通貨櫃裝填物品的安全，財政部高雄關稅局也在港區設置貨櫃通關的門框式輻射偵檢器，這項強化偵檢措施執行後，已使國內的輻射安全防範機制更加完備。

有關劉黎兒女士於 3 月 21 日在自由時報電子報投書「輻污無所不在，台灣標準寬鬆」，文中述及「……台灣的原能會標準是 0.2 微西弗 / 小時，實在過於寬鬆……」，原能會澄清說明「有關廢鐵的輻射檢測標準，係發現其超過環境背景值時，即進行調查處理，並非如媒體所稱的 0.2 微西弗 / 小時，是以原能會目前的處理方式已十分嚴格，並無劉女士所稱標準寬鬆的情形」。

（2012.03.22. 本刊訊）

## 蘭嶼貯存場輻射微量外洩 在背景值範圍內

蘭嶼貯存場進行檢整作業 4 年期間，廢料桶吊運傳送十餘萬次，雖已盡力防範，但仍有微量輻射粉塵飄落場區，再隨雨水沖刷而流至場外靠海的潮間帶，這是檢整作業期間可能會產生的輻射外釋，只要劑量遠低於法規限值，不致影響民眾健康和環境品質。

有關中研院扈治安研究員發現「蘭嶼環境輻射檢測微量放射物質增加」，原能會已於 1 月 16 日完成審查台電公司所提出的「蘭嶼貯存場環測試樣測得微量核種檢討報告」，確認該環測試樣的放射性活度值遠低於法規限值。原能會根據中研院扈教授的偵測數據，評估民眾的輻射劑量為 0.00129 毫西弗 / 年，大約是一般民眾輻射安全標準的 1/1000，對民眾健康安全不會有影響，請民眾安心。

雖然如此，原能會仍要求台電公司提出檢討報告及改進措施，並立即執行蘭嶼地區特別環境偵測作業。已於 2 月 6 日完成蘭嶼 6 個部落分別採取土壤、葉菜及根莖類、飲用水樣進行分析。所有試樣除由台電公司所屬放射試驗室計測外，另送交原能會輻射偵測中心進行平行計測分析。這項特別環測結果已於 2 月 17 日完成，顯示水樣與芋頭樣品均低於儀器最低可測值，土樣中的銫 137 與歷年環境偵測結果相當，與台灣本島其他地區



▲ 蘭嶼貯存場貯存溝內廢棄物桶回貯狀況

所測結果沒有顯著差異，都在環境背景的變動範圍內，確認蘭嶼地區的輻射狀況並無異常。詳細偵測資料已公布於原能會物管局網站 http://gamma1.aec.gov.tw/fcma/。

（2012.03.07. 本刊訊）

## 311 反核遊行　台電：不讓福島事故在台灣上演

日本福島事故引發台灣核能安全疑慮，針對各界關注議題，台電表示：

### 台灣立即廢核，有停／限電的可能

以去（100）年為例，實績備用容量率為 20.6%，扣除現有 3 座核電廠，備用容量率降為 6%，僅可因應電力即時調度，無法因應機組故障及定期大修，發生停限電機率極高。且台灣為獨立電網，缺電時無法向其他國家購電。

### 用過核燃料池安全防護完備

用過核燃料需貯存於用過燃料池中冷卻，其衰變熱及放射性強度將隨時間而迅速遞減。用過燃料池為內襯鋼板連續焊接而成，池水不會流失，外層以鋼筋水泥結構支撐重量，耐震程度與反應器廠房相同。水池均設置兩套冷卻系統，一套全天候運轉，另一套備用。核安總體檢後更增設防震等級的連外管線與備用管線，受災時可注入各種補水系統及後備水源，安全防護完備。

### 核四安全無虞後，才會運轉

目前核四工程處於試運轉前測試階段，將邀世界核能發電協會（WANO）進行同業評估，並請國內外專家及美國核管會（NRC）共同評核，經「完整縝密且嚴謹的試運轉測試」，驗證各項設備及系統功能皆符合規範、軟硬體搭配正確無誤，並通過原能會審核後，才進行燃料裝填，確保安全無虞才會運轉。

### 蘭嶼貯存場檢整重裝作業安全嚴謹

蘭嶼貯存場檢整作業均經嚴密管控，過程中可能產生極微量輻射外釋，劑量均遠低於法規限值，不致危害人體健康與環境安全。蘭嶼在貯存場興建之前即測得人工放射性核種，去（100）年測得極低劑量，同年第 4 季相同調查降至更低。目前檢整作業全部完成，貯存場恢復以往靜態貯存模式。

### 承擔核安重任，福島事故絕不重演

安全是核能發電唯一的路，在本次總體檢與強化後，可以確保我國的核能安全；未來台電將依循政府「確保核安」的能源政策，參採世界各核能先進組織及電力公司的建議與做法，持續精進核能安全，以確保民眾生命財產安全。

（2012.03.11. 本刊訊）

# 龍門核電廠建廠管制現況報導

文．編輯室

「核島區電氣安裝工程——電氣管槽審查作業，未落實核四工程品質保證方案之要求。」違規裁處案，業經原能會就申復內容決議維持原處分，並於 101 年 1 月 2 日通知台電公司，台電公司已依規定於 101 年 2 月 4 日繳款。

原能會召開「龍門電廠試運轉測試程序書精進會議」，要求台電公司：(1) 檢討納入 SDD 敘述應測試的功能、邏輯及警報於廠家試運轉測試規範，有疑義之處應建立廠家澄清機制;(2)測試不符接受標準或功能要求者，應明確規範應採取的處置措施；(3) 先進行較複雜系統試運轉程序書與各規範比對，以預先發掘問題；(4) I/O Database 為試運轉測試依據文件，應於廠家測試規範中明確敘明;(5)建立審查機制，確認測試程序書內容，符合所引用的邏輯圖，並反應於系統功能試驗報告。

101 年 2 月 2 日原能會視察員現場查證發現，1 號機控制室及近圍阻體入口未配置符合 NIOSH 認可的緊急呼吸裝置，且其再充填設備故障，另該設備在喪失外電情況下亦不可用，不符 BTP CMEB 9.5-1 C.7.a.(2)、10CFR50 Appendix R Ⅱ.H 及 BTP CMEB 9.5-1 C.7.b.(2) 的要求，故開立核電廠注意改進事項 AN-LM-101-008，請台電公司改正。

101 年 2 月 3 日召開「龍門電廠試運轉測試執行及功能試驗報告檢討會」，主要決議：(1) 台電公司再向原能會說明試運轉測試再驗證規劃及正面表列擬不再執行的系統測試項目；(2) 原能會採兩階段方式審查系統功能試驗報告，待兩階段審查完竣後，才決定該系統功能試驗報告是否同意核備；(3) 台電公司再至原能會說明系統功能試驗報告「測



▲ 龍門 1 號機反應爐廠房 (2010 年 11 月 )



▲ 龍門電廠重件碼頭及防波堤工程 (2010 年 11 月 )


▲ 龍門電廠輔助燃料廠房（2010 年 11 月）



▲ 龍門電廠模擬訓練中心（2010 年 11 月）

試除外事項」及「未結案事項」合併的提議及審核機制；（4）確認系統移轉程序後，增訂於起動測試管理手冊；（5）重申測試規範內要求的各項測試，必須遵照各相關設計文件（含邏輯圖）進行編寫及審查，以確保測試完整性；（6）台電公司再至原能會說明系統功能試驗報告中「權責廠家之認可簽署」作法；（7）原能會同意台電公司提議修改系統功能試驗報告須附電動閥 GL 89-10 測試方案、LLRT、管路膨脹振動及動態影響測試等測試結果的提送作法。

執行 C31-FWC 飼水控制系統人機介面施工後運轉測試程序書現場測試查證，並完成現場查證報告。執行飼水控制系統人機介面施工後運轉測試程序書審查，並完成程序書審查報告。另針對審查發現待澄清事項開立備忘錄，請龍門電廠澄清說明。

針對龍門電廠 1、2 號機共用緊急柴油發電機電氣控制盤整線後接線問題（訊號線終端未將黑色薄膜剝除乾淨），開立注意改進事項，要求台電公司針對 1 號機緊急柴油發電機系統平行展開檢查與改善；並針對整線後接線檢驗及履勘作業進行檢討改善，以將經驗回饋於 2 號機接線相關作業。

台電公司提送龍門電廠報考第二階段運轉員考試的人員資料，本次有 13 位報考（含補考 7 人）運轉員（本次無人報考高級運轉員），於 2 月 14 日進行個廠特性筆試測驗，2 月 16 日至 2 月 24 日進行模擬器個操與團操及現場口試等測驗。

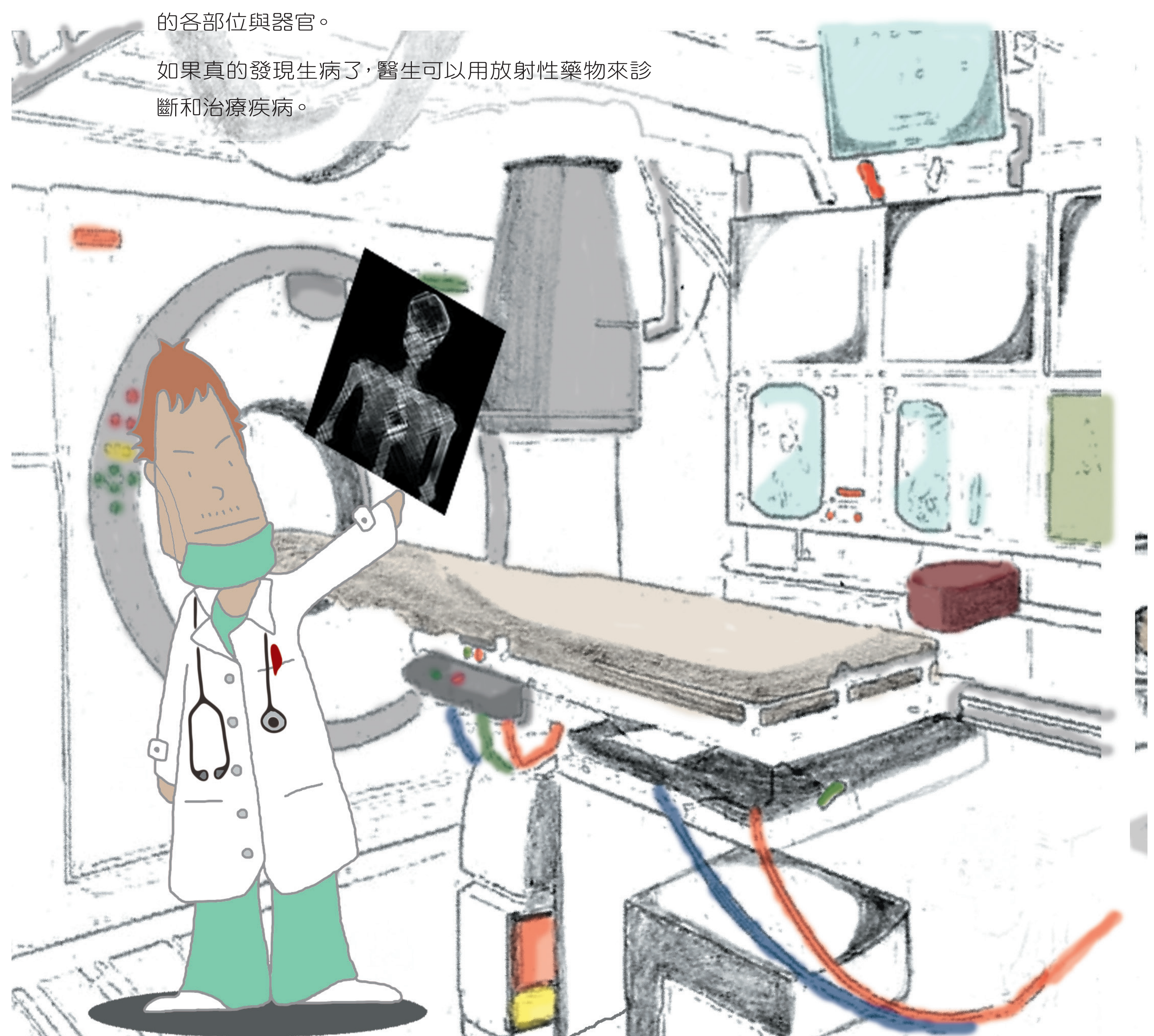
| 台電公司提供的工程進度 （截至 101 年 2 月底止）： | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 總進度 | 設計 | 採購 | 施工 | 試運轉 |
| 比例 | 100 % | 19 % | 15 % | 58 % | 8 % |
| 1、2 號機合計進度 | 93.44 % | 99.32 % | 100 % | 97.13 % | 40.41 % |
| 預定進度 | 97.74 % | 99.83 % | 100 % | 98.11 % | 85.81 % |
| 差異 | -4.30 % | -0.51 % | 0% | -0.98 % | -45.40% |

【註 1】合計進度＝ 1 號機進度 ×52%＋ 2 號機進度 ×48%
【註 2】本月份合計進度較 101 年 1 月底增加 0.02%

# Body 身體

爸爸的公司最近要舉辦身體健康檢查，醫生會用 X 光、電腦斷層掃瞄儀等醫學儀器，來檢查爸爸身體的各部位與器官。

如果真的發現生病了，醫生可以用放射性藥物來診斷和治療疾病。



所以只要妥善運用原子能科技，就可以對我們的身體帶來好處。政府也會為大家的放射性醫療品質把關，讓我們在接受X光等儀器診斷時，能夠「照的不偏不倚，照的不多不少！」




本文取材自「原子能 ABC」，行政院原子能委員會，99 年 12 月出版

# 對核能有興趣的妳／你，歡迎加入！

WiN Taiwan 成立於 1994 年 2 月 7 日，是全球核能婦女會（WiN Global）的分會，隸屬於中華核能學會，是該學會的「婦女委員會」，由一群從事核能相關工作或關心核能安全與民生福祉的女性所組成。

## WiN Taiwan 的活動

- 舉辦參訪核能設施活動，提供會員近距離認識核能設施，以及對核能議題的了解
- 邀請專家學者作專題演講，增進會員及其親友對原子能和平應用與輻射防護的知識。另針對會員關切的健康、環保、親子關係等議題，定期舉辦專題演講。
- 利用寒暑假帶領中小學師生及家長參觀國內電力建設及科學、藝術等機構，以提供教師、家長及學童對我國能源、電力建設親身參與的機會。
- 參與／主辦 WiN Global 年會及其他相關國際活動。



2011 年 WiN Global 年會於保加利亞舉行




2011 年 WiN Taiwan 演講活動：互利與共生—從花博新生展區談起

若要成為 WiN Taiwan 會員，請上中華核能學會網站 www.chns.org 申請加入會員即可。
中華核能學會婦女委員會網址：http://www.wintaiwan.org/